

# **Instituto de Estudios Avanzados en Desarrollo**



## **Serie de Documentos de Trabajo sobre Desarrollo**

**No. 09/2009**

### **La Política Cambiaria y el Control de la Inflación en Bolivia**

por:

**Andrés Gutiérrez**

**Septiembre 2009**

Los opiniones expresados en la Serie de Documentos de Trabajo sobre Desarrollo son de los autores y no necesariamente reflejan los del Instituto de Estudios Avanzados en Desarrollo. Los derechos de autor pertenecen a los autores. Los documentos solamente pueden ser bajados para uso personal.

# DOCUMENTO DE INVESTIGACION PARA EL II ENCUENTRO DE ECONOMISTAS DE BOLIVIA

## “La Política Cambiaria y el Control de la Inflación en Bolivia”

*(En un contexto de reglas cambiarias, para enfrentar la inconsistencia dinámica de la autoridad Monetaria)*

Andrés Gutiérrez<sup>1</sup>

Septiembre de 2009

### Resumen:

En este documento, se analiza empíricamente, la administración del tipo de cambio con el objetivo de control de inflación del BCB, dada la experiencia de los últimos veinte años. La evidencia presentada muestra que la política cambiaria en Bolivia influye en el control de inflación, así como en la determinación de la competitividad externa. Así el proceso de hiperinflación de mediados de los ochenta fue estabilizado con una política cambiaria restrictiva entre 1986 y 1996, que sirvió como señal para reducir la inflación, para posteriormente alinearla con tasas más moderadas. Sin embargo, a medida que la tasa de inflación cayó y se estabilizó, la política cambiaria mostró un sesgo expansivo a favor de la competitividad cambiara, lo cual habría generado un desalineamiento del tipo de cambio de sus niveles de equilibrio, acelerando la tasa de inflación con carácter permanente. En esa línea, el análisis de la función de reacción, muestra que la política cambiaria en Bolivia habría privilegiado en mantener el valor real de la paridad cambiaria. Los resultados señalan que el nivel de actividad económica, el desalineamiento del tipo de cambio real habrían tenido mayor relevancia que el control de la inflación. Finalmente, los resultados reafirman que los movimientos cambiarios han sido suaves, esto debido al entorno de dolarización financiera, razón que explica por qué el BCB opera bajo un régimen cambiario deslizando (*Crawling Peg*).

**Clasificación JEL:** E31, E52, E61, C50.

**Palabras clave:** Política Cambiaria, Control de Inflación, Inconsistencia Dinámica, Reglas Monetarias, Método Generalizado de Momentos (*MGM*), Análisis Espectral.

---

<sup>1</sup> El autor agradece la valiosa e íntegra colaboración profesional de Pablo Hernán Mendieta Ossio y Marcelo Montenegro Gómez García, donde sus comentarios y observaciones fueron decisivos para la culminación de la presente investigación. Del mismo modo se agradece la colaboración de Sergio Cerezo, Fabián Chahin, Hugo Rodríguez y a todos los compañeros de la Asesoría de Política Económica (APEC) del Banco Central de Bolivia (BCB).  
Andrés Gutiérrez, Economista: [angutierrez@asfi.gov.bo](mailto:angutierrez@asfi.gov.bo), Analista en la Dirección de Estudios y Publicaciones, Autoridad de Supervisión del Sistema Financiero (ASFI).

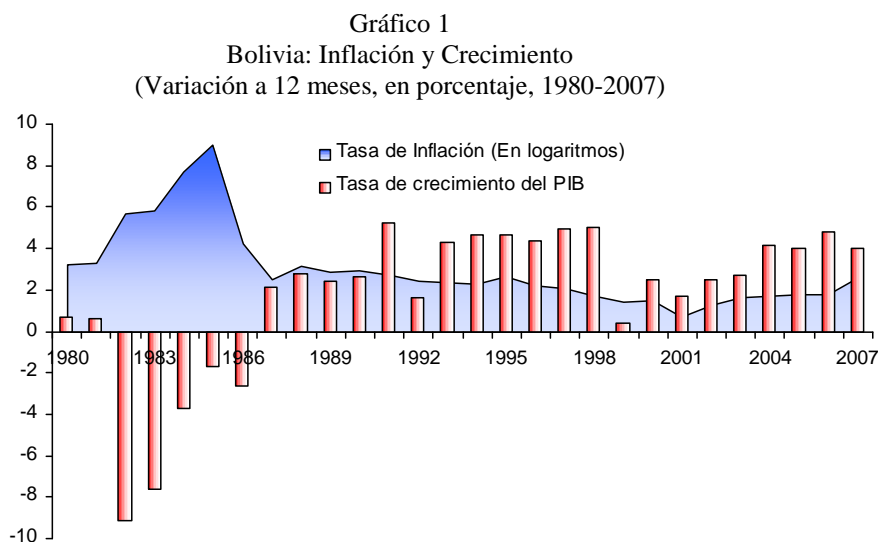
*“El anclaje nominal del tipo de cambio genera una restricción al valor del dinero nacional, es decir, cumple la función de regla para la política monetaria para alejarla de la discrecionalidad que en definitiva es un elemento necesario de una política orientada a la estabilidad de precios”.*

*Presentación del Dr. Juan Antonio Morales Ex-presidente del Banco Central de Bolivia (julio de 2005).*

## 1. INTRODUCCIÓN

La paulatina aceleración de la inflación (medida a través de la variación del Índice de Precios al Consumidor IPC) en los últimos años se ha profundizado más, registrando tasas de crecimiento cercanos a los de la década de los noventa. En efecto, luego de la crisis más fuerte de la economía boliviana (la hiperinflación de 1985), y una vez que los precios se estabilizaron, la inflación en 2007 alcanzó a 11,73% nivel superior en 1,13 puntos porcentuales (pp) respecto al dato de la gestión 1987 (10,6%).<sup>2</sup>

El incremento persistente y generalizado en el nivel de precios en la década de los ochenta tuvo efectos nocivos en el aparato productivo de la economía. La caída del PIB comenzó a pronunciarse a partir del año 1982, periodo en el cual se registraron las tasas crecimiento más bajas de la historia económica boliviana contemporánea (−9,1% y −1,7% en 1982 y 1985 respectivamente) (Gráfico 1).<sup>3</sup>



Fuente: Banco Central de Bolivia

Elaboración propia con información de las *Memorias institucionales* del BCB, 1980-1988.

<sup>2</sup> Exceptuando 1988 a 1992 que representó en promedio 16,2% y 1995 de 12,6% respectivamente. Al respecto, véase el *Informe de Política Monetaria* (IPM) de 2008 del BCB pág. 11 y la *Memoria institucional*, de 1987, pág. 45.

<sup>3</sup> *Memorias institucionales* del BCB, de 1982, pág. 16 y 1985, pág. 31.

Es por esta razón, frente a la aceleración de precios a partir de 2006, el control de la inflación es fundamental en la economía, dado que protege los ingresos reales de la población, en especial de los más pobres. En una economía como la nuestra, pequeña, abierta y dolarizada, en el que todavía persiste el recuerdo de la hiperinflación de la década de los 80, el tipo de cambio se constituyó en el ancla nominal de los precios, permitiendo orientar las expectativas de inflación de los agentes económicos.

En efecto, la importante desaceleración del ritmo de depreciación del tipo de cambio de 21,6% en 1986 a 6,84% en 2001 fue determinante para que la inflación alcance un nivel estable,<sup>4</sup> dado que la tasa de inflación descendió de 66% en 1986 a 0,9% en 2001, respectivamente (Cuadro 1).<sup>5</sup> De ese modo, el Banco Central de Bolivia (BCB) ha venido revaluando el tipo de cambio en estos últimos años, priorizando el objetivo de inflación.

Cuadro 1  
Tipo de Cambio e inflación  
(Variación a 12 meses, en porcentajes 1986-2007)

Año	Tasa de inflación	Tasa de depreciación nominal
1986	66,0	21,6
1987	10,7	13,5
1991	14,5	12,98
1996	8	5,75
2001	0,9	6,84
2002	2,5	8,51
2003	3,9	6,81
2004	4,6	3,61
2005	4,9	1,8
2006	5	-0,3
2007	11,7	-2,04

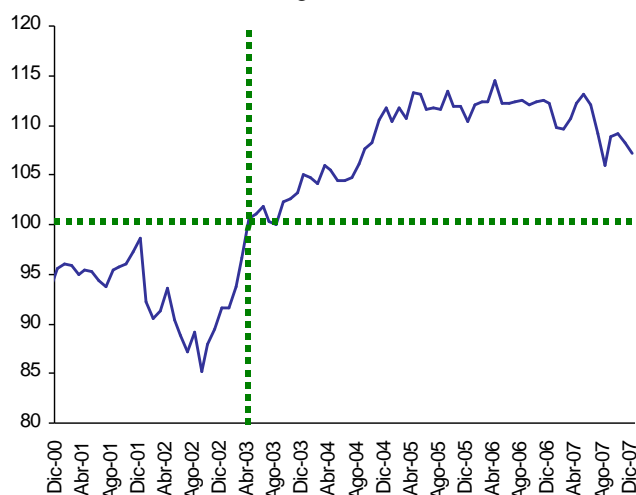
Fuente: Banco Central de Bolivia  
Elaboración propia con información de  
las *Memorias institucionales* del BCB

No obstante, un aspecto que llama la atención es la paulatina aceleración en la tasa de depreciación de la moneda nacional a partir de 2003 ubicando al tipo de cambio real en niveles más competitivos (Gráfico 2).

<sup>4</sup> *Memoria institucional* del BCB de 2006, pág. 33.

<sup>5</sup> Al respecto, véase las *Memorias institucionales* del BCB de 1986, pág. 19 y 2001, pág. 25.

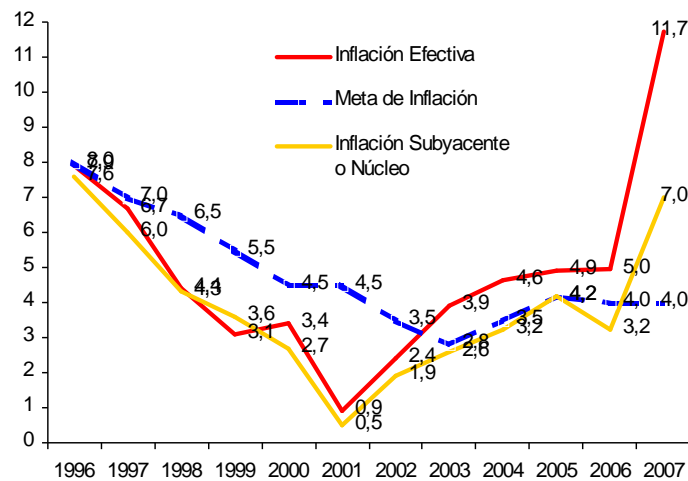
Gráfico 2  
Tipo de cambio real efectivo (REER)  
(Índice mensual, base agosto 2003=100, 2000-2007)



Fuente: Banco Central de Bolivia  
Elaboración propia

Este fuerte impulso cambiario frente a esta aceleración en la tasa de depreciación, la inflación aumentó gradualmente a partir de 2003 en adelante, mostrando una inflación observada e inflación subyacente por encima de la meta programada por la autoridad (Grafico 4). Sin embargo, el Informe de Política Monetaria de enero 2008, señala que la inflación aumentó con mayor fuerza entre enero de 2006 y el último trimestre de 2007, lo que podría haberse debido a la aceleración previa del tipo de cambio, las expectativas de inflación, el movimiento de precios externos, el impacto de cambios climáticos (Fenómeno del Niño y la Niña).

Gráfico 4  
Indicadores de inflación (En porcentaje a 12 meses, 1996-2007)



Fuente: Banco Central de Bolivia  
Elaboración propia

En ese sentido, se debe recordar que la Ley 1670 del BCB, en su Art. 3 establece que la política cambiaria en Bolivia, está supeditada a mantener bajo control y en nivel estable a la tasa de inflación (Art. 2). El objeto del ente emisor es procurar la estabilidad del poder adquisitivo de la moneda nacional (Art. 2) y no así promocionar la actividad económica. Por tanto, la estabilidad de precios representa la principal contribución del banco central al crecimiento y desarrollo económico estable de largo plazo.<sup>6</sup>

El presente documento analiza los determinantes de la política cambiaria, fundamentalmente si ésta ha sido congruente con el control de la inflación, a través de las metodologías que permiten identificar el comportamiento de la autoridad frente a sus distintos objetivos. En principio, se plantea elementos conceptuales sobre la inconsistencia dinámica, y las alternativas para enfrentar este problema, posteriormente se procede a efectuar una revisión histórica de la política cambiaria en Bolivia, para finalmente efectuar el análisis econométrico de temporalidad, transmisión y función de reacción para el tipo de cambio.

## **2. ELEMENTOS CONCEPTUALES SOBRE LA INCONSISTENCIA DINÁMICA, META DE INFLACIÓN, TRANSMISIÓN DEL TIPO DE CAMBIO Y REGLA DE POLÍTICA.**

En esta sección se expondrá diversos modelos en los cuales se resaltara la importancia de cada uno de ellos en la posterior aplicación empírica. El primero de ellos es el desarrollado por Kydland y Prescott (1977) donde definen que una política es dinámicamente inconsistente cuando una determinada decisión futura de política, que formaba parte de un plan óptimo formulado hoy, deja de serlo mañana.<sup>7</sup> Esto significa que la autoridad monetaria puede comprometerse en controlar la inflación, pero también tiene efectos sobre la actividad económica. Por tanto, el diseñador de política económica enfrenta la disyuntiva de cumplir con sólo uno de sus objetivos e incumplir con el resto.

En esa línea, Kydland y Prescott *op. cit.* analizaron el caso de una economía en que las perturbaciones de la demanda agregada tienen efectos reales y las expectativas sobre la inflación afectan a la oferta agregada. Podemos representar ambos impactos suponiendo que la oferta agregada viene dada por la curva de oferta de Lucas y por la función objetivo de un banco central (función de pérdida del diseñador de política).

---

<sup>6</sup> Véase el IPM *op. cit.* del BCB, pág.5, así como De Gregorio (2006), pág. 17

<sup>7</sup> Al respecto véase Kydland y Prescott (1977), De Gregorio *op.cit.*, pág. 712 y Romer (2002), pág.465.

Sea la siguiente economía descrita por las ecuaciones:

$$y = \bar{y} + b(\pi - \pi^e) \quad b > 0 \quad \text{Curva de Oferta de Lucas} \quad (1)$$

$$L = \frac{1}{2}(y - y^*)^2 + \frac{1}{2}a(\pi - \pi^*)^2 \quad \text{Función de Perdida del Diseñador de Política} \quad (2)$$

Donde  $y$  es el producto efectivo,  $\bar{y}$  es el nivel de producto potencial (con precios flexibles),  $\pi$  la tasa de inflación,  $\pi^e$  la tasa de inflación esperada,  $y^*$  el nivel de producto óptimo,  $a$  es un parámetro positivo y, además  $y^* > \bar{y}$ .

La primera función (1) es la curva de oferta agregada de Lucas, que muestra una relación positiva entre la inflación y el producto cuando los agentes económicos son sorprendidos, y es neutral cuando los agentes esperan una inflación igual a la que efectivamente ocurre. De esta relación se deriva que sólo los cambios no esperados tendrán efectos reales (sorpresas inflacionarias). La ecuación (2) es la función de pérdida en el que incurre el diseñador de política cuando se enfrenta a la disyuntiva de los dos objetivos  $(\pi^*, y^*)$  que persigue la autoridad.

Reemplazando en la ecuación (1) en (2) optimizando y resolviendo el sistema, se obtiene:<sup>8</sup>

$$\pi^e = \pi^* + \frac{b}{a}(y^* - \bar{y}) \quad (3)$$

$$\pi = \pi^* + \frac{b}{a}(y^* - \bar{y}) \quad (4)$$

Estas dos funciones muestran que tanto la inflación que espera alcanzar la autoridad así como la inflación observada, contempla un objetivo de inflación y producción, aspecto que en una situación como esta la autoridad elige una tasa de inflación superior a la meta de inflación  $\pi^*$  dado que este desea incrementar el producto. A este problema se le conoce como inconsistencia dinámica.<sup>9</sup>

En tanto si el diseñador de política actúa de acuerdo a una “regla”, entonces establece una tasa de inflación antes que los agentes económicos formen sus expectativas, ante este compromiso,

<sup>8</sup> El desarrollo y solución del ejercicio se encuentra en Gutierrez (2008).

<sup>9</sup> Al respecto véase Romer *op. cit.*

los agentes esperan que la inflación sea igual a la anunciada. Por tanto, bajo estos supuestos el resultado del modelo toma la siguiente forma:<sup>10</sup>

$$\pi = \pi^e = \pi^* \quad (5)$$

$$y = \bar{y} < y^* \quad (6)$$

Lo que indica que la inflación efectiva y esperada convergen a la inflación óptima, además, el producto efectivo converge al producto potencial pero este es menor al que se propone alcanzar el diseñador de política.

## 2.1 Alternativas para enfrentar la inconsistencia dinámica

El análisis de Kydland y Prescott muestra que una política monetaria discrecional puede dar lugar a una inflación alta e ineficiente, lo que naturalmente plantea la cuestión, de qué, se puede hacer para evitar o al menos mitigar, esta posibilidad. Una manera de afrontar el problema es, obviamente que la política monetaria se someta a ciertas reglas consistentes con las metas de inflación.

### 2.1.1 Un modelo basado en Metas de Inflación<sup>11</sup>

La estrategia de Metas de Inflación (MI) puede utilizarse para enfrentar el problema de la inconsistencia dinámica. El modelo se compone de una función de pérdida intertemporal de un banco central centrado en el objetivo de inflación, que se propone alcanzar en un horizonte de política, sujeto a una función de reacción (regla de política). Las metas de inflación son marcos integrales (operativo e instrumental) de referencia de política monetaria caracterizado por el anuncio público de metas cuantitativas (o rangos) de tasas de inflación con respecto a uno o más horizontes temporales de política, con el objetivo de mantener la estabilidad de precios en el corto y largo plazo (Gráfico 5).<sup>12</sup>

<sup>10</sup> La optimización del modelo se encuentra, en Gutierrez (2008).

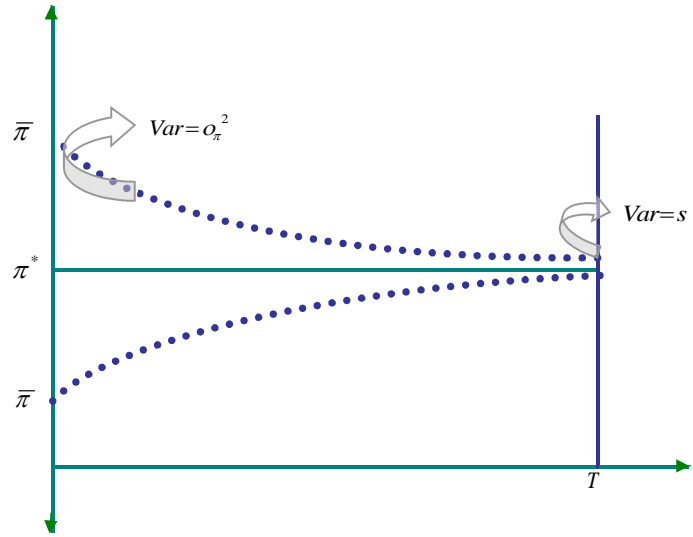
<sup>11</sup> El concepto de Metas de Inflación esta ligado a un marco de referencia de política caracterizada por el anuncio público de metas cuantitativas (o rangos) de carácter oficial de tasas de inflación con respecto a uno o más horizontes temporales de política, con la certeza explícita de una inflación baja y estable como principal objetivo de largo plazo.

<sup>12</sup> El gráfico muestra en el tiempo cero una distribución probabilística para la inflación efectiva (inflación esperada y su respectiva varianza) en torno a un rango, el cual esta tiene una relación con el horizonte de política proyectado, donde se espera que la inflación converja a su valor esperado. Para más detalles. Véase De Gregorio (2006), pág. 23.



Gráfico 3

Meta de inflación y Horizonte de Política



Fuente: De Gregorio, (2006)

Para formalizar esta idea se seguirá el planteamiento de Svensson y Agenor *op. cit.* quienes presentan el esquema de metas de inflación flexible desde una perspectiva teórica. Considerando que la función de pérdida de un banco central esta compuesta por las desviaciones de la inflación efectiva respecto de la meta, así como por las desviaciones del producto efectivo respecto a su nivel objetivo:

$$L_h = \frac{1}{2} [(\pi_{h+t} - \bar{\pi})^2 + (y_{h+t} - \bar{y})^2] \quad (1)$$

Además, puede establecerse que la autoridad esta interesada en llevar la inflación a un nivel deseado (horizonte de política). Esto sugiere que el banco central se preocupa por estabilizar la inflación alrededor de la meta, lo cual supone que a lo largo del tiempo su función de utilidad será:

$$U_t = E_t \sum_{h=0}^{\infty} \delta^{h-t} L_h = E_t \sum_{h=0}^{\infty} \delta^{h-t} \frac{1}{2} [(\pi_{h+t} - \bar{\pi})^2 + (y_{h+t} - \bar{y})^2] \quad (2)$$

$\delta$  : Factor de descuento que se encuentra entre cero y uno.

$E_t$  ; Es el operador de expectativas racionales condicionada a un conjunto información.

$\pi_{h+t}$  ; Inflación efectiva descontada en un periodo.

$\bar{\pi}$  ; Es la tasa de inflación que programa la autoridad monetaria para un horizonte de

Política.

$y_{h+t}$  ; Nivel de actividad efectivo descontado en un periodo,

$\bar{y}$  ; Nivel de actividad objetivo o de largo plazo.

Por tanto, se puede definir la siguiente estructura básica de una economía en las ecuaciones (3) y (4) que se enfrentan a diferentes *shocks* que afectan a la volatilidad de los precios. La principal función de un banco central es aminorar las variaciones de la inflación alrededor de su meta programada. Para lograr esto se hace uso de una regla de política.

Estructura básica de una economía:

$$\pi_t - \pi_{t-1} = \alpha y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3)$$

$$y_t = \beta_1 y_{t-1} - \beta_2 r_t + \eta_t \quad (4)$$

La primera ecuación representa la oferta agregada que responde a sorpresas inflacionarias y la segunda ecuación es la demanda agregada con carácter de persistencia, además, contiene la estructura de la tasa de interés nominal  $i_t$  que funge como el instrumento de la autoridad monetaria donde,  $r_t = [i_{t-1} - E_{t-1}(\pi)]$  representa la tasa de interés real.

Donde  $\varepsilon_t$ ,  $\eta_t$  son las perturbaciones que se suponen independientes con distribución idéntica y media igual a cero y no correlacionadas entre sí. Es decir, que se distribuyen con  $\varepsilon_t$  y  $\eta_t \sim N(0, \sigma^2 I_n)$ .

El banco central decide sobre la tasa de interés real  $r_t$  tras observar que tanto la demanda como la oferta agregada se enfrentan a determinadas perturbaciones que podrían afectar el curso normal de los precios.

En (1) y (2) despejando  $\pi_t$  y proyectando se obtiene las siguientes funciones:<sup>13</sup>

$$y_{t+1} = \beta_1 y_t - \beta_2 (i_t - \pi_t) + \eta_{t+1} \quad (5)$$

$$\pi_{t+2} = \pi_{t+1} + \alpha \beta_1 y_t - \alpha \beta_2 (i_t - \pi_t) + \mu_t \quad (6)$$

---

<sup>13</sup> El desarrollo del modelo se encuentra en Gutierrez (2008).

Con las siguientes restricciones:

$$\beta_1 > 0; \beta_2 < 0; \alpha\beta_1 > 0; \alpha\beta_2 < 0 \quad \alpha\eta_{t+1} + \varepsilon_{t+2} = \mu_t$$

Las ultimas dos ecuaciones (5) y (6) muestran la inflación y la brecha del producto, que reaccionan con rezagos ante cambios en la tasa de interés real, siendo el rezago más prolongado para el caso de la inflación considerado también “rezago de control de la inflación”. Esto supone que al cambiar la trayectoria de la tasa de interés al objetivo de la autoridad monetaria logra minimizar la suma esperada del valor actualizado de las desviaciones futuras de la inflación efectiva respecto de la meta.

La función de minimización puede expresarse simplificada de la siguiente forma:

$$\min U_t = E_t \sum_{h=0}^{\infty} \delta^{h-t} L_h = E_t \left\{ \sum_{h=0}^{\infty} \delta^{h-t} \frac{1}{2} [(\pi_{h+t} - \bar{\pi})^2] \right\} \quad (7)$$

Al minimizar la suma esperada se obtiene la siguiente relación:<sup>14</sup>

$$E_t(\pi_{t+2|t}) = \bar{\pi}$$

Esto implica que para un horizonte de política, las autoridades monetarias logran que las expectativas de la inflación converjan al objetivo de inflación. Por tanto, bajo una estrategia de metas de inflación implica alcanzar un objetivo de inflación, en la cual la brecha del producto no tiene ninguna real participación y es dinámicamente consistente con la meta inflación.

Para obtener la regla de política, igualamos la esperanza de la inflación en el segundo periodo a la meta de inflación de donde despejando y sustituyendo se obtiene:<sup>15</sup>

$$i_t = \pi_t + b_1(\pi_t - \bar{\pi}) + b_2 y_t \quad (8)$$

Donde:

$$b_1 = 1/(\alpha_1 \beta_2) \quad \text{y} \quad b_2 = (1 + \beta_1) / \beta_2$$

<sup>14</sup> Véase Gutierrez (2008) para el desarrollo de la optimización.

<sup>15</sup> Véase Gutierrez (2008) para el desarrollo de la optimización.

La última ecuación indica que el banco central ajusta la tasa de interés nominal para alinear la inflación respecto a su nivel objetivo así como estabilizar el producto respecto a su nivel potencial.

### 2.1.2 Algunos aspectos operativos para enfrentar la inconsistencia temporal

Es difícil verificar qué teorías contribuyen a controlar la inflación, cuando una política es inconsistente. Pero los elementos que han recibido mayor atención para enfrentar este problema en el marco de las metas de inflación son:

- El grado de independencia en las políticas de un Banco Central
- Credibilidad
- Transparencia
- Responsabilidad

## 2.2 Un modelo de transmisión par el tipo de cambio

Utilizando un modelo óptimo microfundamentado de competencia oligopolística a la Cournot, Noton (2003) deriva una relación explícita entre el nivel de precios agregados y el tipo de cambio nominal con el nivel de determinantes de los agentes de la economía (consumidores y firmas). De esta forma se obtiene un precio cuyo margen sobre el costo marginal de la firma varía en forma endógena con el ingreso real de los consumidores. Lo cual indica que el *pass-through* depende de los costos, los precios finales y el ambiente de la economía:

$$\begin{aligned} \Pi_t = & \Phi_0(\hat{e}_t + \hat{p}i_t) + \Phi_1\hat{w}_t + \Phi_2\hat{Y}_t + \Phi_3\hat{A}_t^T + \Phi_4\hat{A}_t^N \\ & + \Phi_5\hat{Y}_t(\hat{e}_t + \hat{p}i_t) + \Phi_6\hat{Y}_t\hat{w}_t + \Phi_7\hat{Y}_t\hat{A}_t^T + \Phi_8\hat{Y}_t\hat{A}_t^N \end{aligned}$$

Donde  $\Phi_0$  muestra el coeficiente de traspaso cambiario de la tasa cambiaria a los precios internos,  $\Phi_1$  es el coeficiente de traspaso de los salarios de nominales a los precios internos,  $\Phi_2$  es el efecto de los ingresos en los precios internos,  $\Phi_3$  es el efecto del sector transable en la productividad,  $\Phi_4$  es el efecto del sector no-transable en la productividad,  $\Phi_5$  es el traspaso de la tasa cambiaria a los precios internos, condicionante en los cambios del ingreso,  $\Phi_6$  es el *pass-through* de los salarios nominales condicionante en los ingresos.

En esa misma línea, McCarthy (1999) considera que la determinación de los precios se realiza a través de tres niveles diferentes: los precios del importador, los precios del productor y los precios al consumidor. En cada uno de estos niveles, los precios están afectados por choques (*shocks*) particulares de oferta y de demanda. La estructura del modelo permite tener un conocimiento de cómo se transmiten los *shocks* del tipo de cambio a cada una de las etapas. El modelo se resume en las ecuaciones (1) a (6).

$$\pi_t^{oil} = E_{t-1}(\pi_t^{oil}) + \varepsilon_t^{oil} \quad (1)$$

$$y_t = E_{t-1}(y_t) + a_1 \varepsilon_t^{oil} + \varepsilon_t^y \quad (2)$$

$$\Delta e_t = E_{t-1}(\Delta e_t) + b_1 \varepsilon_t^{oil} + b_2 \varepsilon_t^y + \varepsilon_t^{\Delta e} \quad (3)$$

$$\pi_t^m = E_{t-1}(\pi_t^m) + c_1 \varepsilon_t^{oil} + c_2 \varepsilon_t^y + c_3 \varepsilon_t^{\Delta e} + \varepsilon_t^{\pi^m} \quad (4)$$

$$\pi_t^p = E_{t-1}(\pi_t^p) + d_1 \varepsilon_t^{oil} + d_2 \varepsilon_t^y + d_3 \varepsilon_t^{\Delta e} + d_4 \varepsilon_t^{\pi^m} + \varepsilon_t^{\pi^p} \quad (5)$$

$$\pi_t^c = E_{t-1}(\pi_t^c) + f_1 \varepsilon_t^{oil} + f_2 \varepsilon_t^y + f_3 \varepsilon_t^{\Delta e} + f_4 \varepsilon_t^{\pi^m} + f_5 \varepsilon_t^{\pi^p} + \varepsilon_t^{\pi^c} \quad (6)$$

El sistema involucra la utilización de seis variables en el siguiente orden: la primera ecuación incorpora los cambios en el precio del petróleo  $\pi_t^{oil}$  que constituye una variable próxima de los *shocks* a la oferta agregada, en el periodo t, además, es función del valor esperado de la variable en cuestión en el periodo previo más una perturbación estocástica que se entiende como un *shock* de oferta que enfrenta la economía.

La segunda ecuación, modela la demanda agregada  $y_t$ , a través de la brecha del producto, incorpora además de la esperanza condicional respectiva, el *shock* de oferta y el *shock* de demanda. La tercera ecuación describe la depreciación nominal  $\Delta e_t$ , donde se incorpora el término que corresponde al *shock* del tipo de cambio. La ecuación cuatro modela la inflación de precios importados  $\pi_t^m$ . Del mismo modo la ecuación cinco describe el comportamiento de la inflación de precios al productor  $\pi_t^p$ , finalmente la sexta función modela la dinámica de la tasa inflación  $\pi_t^c$  con sus respectivos *shocks* en cadena.

## 2.3 Regla de política cambiaria

Conocer como reaccionan las autoridades monetarias ante una subida persistente de precios, es fundamental para los diseñadores de Política Económica. Para formalizar el análisis se sigue la metodología de Parrado (2004), donde se especifica la regla de política para el tipo de cambio. En términos generales el modelo mide la reacción de las autoridades monetarias

respecto a los objetivos de inflación y producto esperado, además, incorpora un factor de suavizamiento que asume diferentes *shocks* exógenos y aleatorios al tipo de cambio.

El modelo se fundamenta en la introducción de rigideces nominales temporales. Entonces, el banco central al alterar el tipo de cambio nominal, puede afectar en el corto plazo el tipo de cambio real y por ende a la demanda agregada. Básicamente, cuando hay rigideces nominales, la política cambiaria tiene efectos reales en el corto plazo, es decir, se produce un *trade off* entre el producto y la inflación. Consecuentemente, reducir la inflación puede implicar costos en términos del producto.

$$\Delta e_t^* = \bar{\Delta e} + \beta(E[\pi_{t+n}|\Omega_t] - \bar{\pi}) + \gamma(E[y_{t+m}|\Omega_t] - \bar{y}) \quad (1)$$

Donde;

$\Delta e_t^*$  : Es la tasa de depreciación nominal que representa el instrumento de política.

$\bar{\Delta e}$  : Es el tipo de cambio de equilibrio de largo plazo.

$\beta, \gamma$  : Factores de importancia de la brecha de la inflación y del producto.

$E[\pi_{t+n}|\Omega_t]$ : Es la inflación esperada entre los periodos  $t$  y  $t+1$  dado la información  $\Omega_t$ .

$\bar{\pi}$  : Es la meta de inflación, que programa la autoridad monetaria.

$E[y_{t+m}|\Omega_t]$ : Es el producto real esperado entre los periodos  $t$  y  $t+1$  dado la información.

$\bar{y}$  : Es el producto potencial donde los salarios y los precios son perfectamente flexibles.

Por otro lado, la evidencia señala que los bancos centrales frecuentemente suavizan las variaciones en el tipo de cambio, ya que consideran que hay costos adicionales relacionados con la volatilidad de los tipos de cambio. Este hecho se refleja en la ecuación (2), donde la variación del tipo de cambio en el periodo  $t$  es una combinación de la meta y el factor de ajuste parcial, además, incluye un *shock* exógeno y aleatorio al tipo de cambio.<sup>16</sup>

$$\Delta e_t = (1-\rho)\Delta e_t^* + \rho\Delta e_{t-1} + v_t \quad (2)$$

---

<sup>16</sup> El suavizar una función implica reducir la velocidad de ajuste en el instrumento de la autoridad para no introducir distorsiones. Para mayores detalles véase Svensson (1997), pág. 34.

$\rho \in (0,1)$  Captura el grado de suavizamiento del tipo de cambio, que corresponde al factor de ajuste del tipo de cambio en el periodo previo  $\Delta e_{t-1}$ , además, que  $v_t$  es una perturbación estocástica. Tomando (1) desarrollando y ordenando se puede obtener:

$$\Delta e_t^* = \bar{\Delta} e - \beta \pi^* + \beta (E[\pi_{t+n} | \Omega_t]) + \gamma (E[y_{t+m} | \Omega_t] - \bar{y}) \quad (3)$$

Sustituyendo por:  $\alpha = \bar{\Delta} e - \beta \bar{\pi}$  y  $x_t = y_t - \bar{y}$

Para definir una ecuación que pueda estimarse se debe sustituir la ecuación (1) escribiéndose como:

$$\Delta e_t^* = \alpha + \beta E[\pi_{t+n} | \Omega_t] + \gamma E[x_{t+m} | \Omega_t] \quad (4)$$

Sustituyendo la ecuación (3) en (2) y eliminando las expectativas podemos escribir la regla para el tipo de cambio como:<sup>17</sup>

$$\Delta e_t = (1 - \rho)\alpha + (1 - \rho)\beta \pi_{t+n} + (1 - \rho)\gamma x_{t+m} + \rho \Delta e_{t-1} + \varepsilon_t \quad (5)$$

Esta regla de política implica al tipo de cambio como instrumento que se alinea con el objetivo de inflación y producción en  $t+1$ .

### 3. BREVE DESCRIPCION DEL TIPO DE CAMBIO COMO INSTRUMENTO DE POLÍTICA EN BOLIVIA

En esta sección se revisa los principales fundamentos relacionados a la determinación del tipo de cambio como instrumento de política en Bolivia. La experiencia de la hiperinflación de 1985 y el posterior restablecimiento de la estabilidad de los precios ha sido objeto de un riguroso análisis por parte de los investigadores en Bolivia. Es en ese sentido que Morales y Sachs (1987) describen el escenario de la crisis de la economía boliviana, Un detalle de la implementación de las medidas de Política Cambiaria dentro del programa de estabilización de 1982 a 1986 es la siguiente (Cuadro 2).

<sup>17</sup> La función se estima, a través del Método Generalizado de Momentos (MGM). Véase sección la econométrica I.

Cuadro 2  
Características principales de los programas de  
Estabilización en materia cambiaria (1982-1986)

Periodo	Tipo de Cambio (Nuevo Tipo de Cambio, \$b. Por \$us)	Régimen Cambiario
05-Nov-82	Devaluación (200)	Control de cambios Desdolarización de contratos
17-Nov-83	Devaluación (500)	Control de cambios atenuado
12-Abr-84	Devaluación (200)	Control de cambios muy atenuado
15-Ago-84	Devaluación en promedio. Tipos de cambio multiple	Reduccion de ámbito de control de cambios
22-Nov-84	Devaluación (8.571)	Reducción de ámbito de control de cambios
08-Feb-85	Devaluación (50.000)	Reducción de ámbito de control de cambios, banco central fija tasa. 1. Flotacion administrada. 2. Supresion de controles cambiaros. 3. Retorno a convertibilidad.
29-Ago-85	Devaluación (1.077.887)	4. Establecimiento del "bolsin" para remate de divisas. 5. Derogación decreto de dolarización.

Fuente: Morales y Sachs (1987)

A partir de 1982, la política cambiaria sufrió una serie de reajustes, que condujeron a una sostenida devaluación del peso boliviano con relación al dólar norteamericano. Resultado a partir del cual se consolido el bolsín y se dio lugar a un tipo de cambio administrado por la autoridad monetaria (*Crawling Peg*).

El siguiente cuadro muestra los logros obtenidos en materia de control de inflación a partir de la adopción del régimen *Crawling Peg*. La alta tasa de inflación reprimida por el tipo de cambio oficial y los precios administrados hasta el mes anterior, en octubre la inflación se reduce bruscamente a un solo dígito, -1,86% y en noviembre sostiene una inflación de 3,20%; estas cifras muestran la estabilidad de precios alcanzada. La baja inflación junto al control del tipo de cambio provocó de octubre a diciembre subvaluación del tipo de cambio del orden de 4,20% y 6,45% respectivamente.



Cuadro 3  
Relación tipo de cambio e inflación  
(en bolivianos por dólar americano)

Periodo	Diferencia TC Of. Y Par.	Devaluación TC Oficial	Inflación %	Subvaluación Cambiaria
1985				
Agosto	1.432,47		66,46	
Septiembre	-1,19	1,337,37	56,51	1,280,86
Octubre	1,32	2,34	-1,86	4,20
Noviembre	10,20	9,65	3,20	6,45
Diciembre	8,10	31,85	16,80	15,05
1986				
Enero	10,88	29,33	32,96	-3,63
Febrero	4,13	-10,97	7,95	-18,92

Fuente: Banco Central de Bolivia  
Elaboración propia, en base a datos del Boletín Mensual No. 14 del BCB

A partir de diciembre de 1985 el tipo de cambio oficial empezó a convertirse en guía del paralelo, sin embargo, entre diciembre y enero se produjo un sobresalto inflacionario que hizo dudar sobre la continuidad del programa, el fuerte incremento de 31,85% y 29,33% para el tipo de cambio oficial, y 29,34% y 32,66% para el tipo de cambio paralelo, junto a un alza de precios de 16,80% y 32,96%, resultado que posteriormente tendió a estabilizarse entorno a 7,95%.

Los objetivos de este esquema fueron congruentes con la continuación del proceso de ajuste estructural; mantener la estabilidad de precios, tipo de cambio nominal, y real a razón de defender la competitividad de las exportaciones así como atenuar las apreciaciones o depreciaciones de los principales socios comerciales del país.

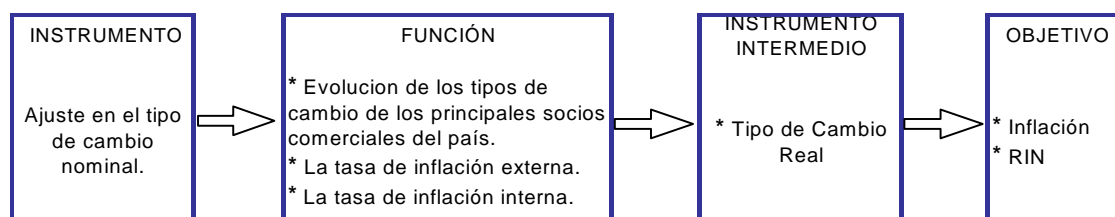
En general, es a razón de estos antecedentes, que las expectativas de los agentes económicos, en cuanto a la inflación son influidas por las variaciones en el tipo de cambio. En ese contexto, esta variable es fácilmente observable, controlable y tiene un efecto predecible sobre el objetivo de inflación. Además de ser una variable perceptible y de disponibilidad diaria, permite a la autoridad cambiaria obtener señales oportunas para corregir desvíos y a los agentes económicos evaluar el desempeño de la autoridad monetaria. Estos atributos justifican su elección como ancla nominal de los precios y canal de transmisión de la política cambiaria.

De esa forma, el BCB administra el tipo de cambio y lo reajusta periódicamente, de acuerdo con las condiciones antes mencionadas y con el fin de mantener la estabilidad del Tipo de Cambio Real (TCR). Es decir, el tipo de cambio nominal se modifica tomando en cuenta, por

una parte la evolución de los tipos de cambio de los principales socios comerciales del país, las diferencias en la tasa de inflación externa y la tasa de inflación interna, en procura de mantener un TCR competitivo y un nivel de reservas internacionales estable. Sin embargo, esta meta está subordinada al objetivo de asegurar una tasa de inflación estable (Cuadro 4).

Cuadro 4

Instrumentación de la Política Cambiaria en Bolivia



Fuente: Banco Central de Bolivia  
Elaboración propia

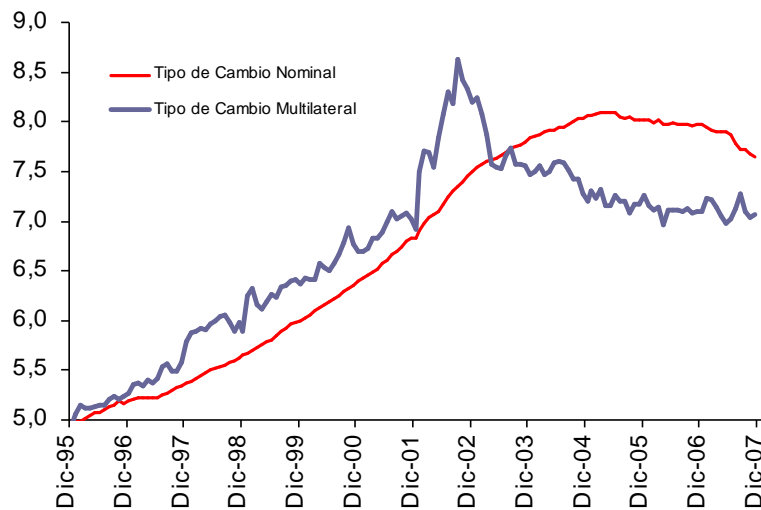
En general este marco analítico supone que existe una relación estable entre los precios internos y externos similar a la Teoría de la Paridad Poder Adquisitivo (PPA), es decir, el tipo de cambio se acomoda a las diferencias relativas de los precios internos y externos (regla para determinar el tipo de cambio en Bolivia)<sup>18</sup> de tal modo que el TCR crece según el crecimiento esperado de la economía y los precios. Cuando las autoridades perciben que existen presiones inflacionarias, reducen el ritmo de depreciación nominal, lo que determina una desaceleración en la depreciación real. Esta contracción produce un ajuste en la demanda agregada y en el nivel de precios lo que logra controlar las expectativas de inflación, hasta alcanzar una apreciación consistente con el Tipo de Cambio real de Equilibrio de Largo Plazo.

### 3.1 Política y competitividad cambiaria

El seguimiento de la política cambiaria se apoya en el indicador de tipo de cambio de referencia (entre otros el ITCER), el cual se define como el tipo de cambio consistente con el Tipo de Cambio Real (TCR) (Gráfico 7). Los resultados muestran que el tipo de cambio ha seguido una trayectoria similar a la del indicador de referencia hasta mediados del año 2003. No obstante, a partir de ese momento ha existido una trayectoria divergente, confirmando la subvaluación del boliviano, la cual se ha corregido paulatinamente con la apreciación de la moneda nacional en los últimos años.

<sup>18</sup> Una forma sencilla para determinar el tipo de cambio en Bolivia, es mantener constante el tipo de cambio real y plantear una solución para el tipo de cambio nominal en tasas de crecimiento.

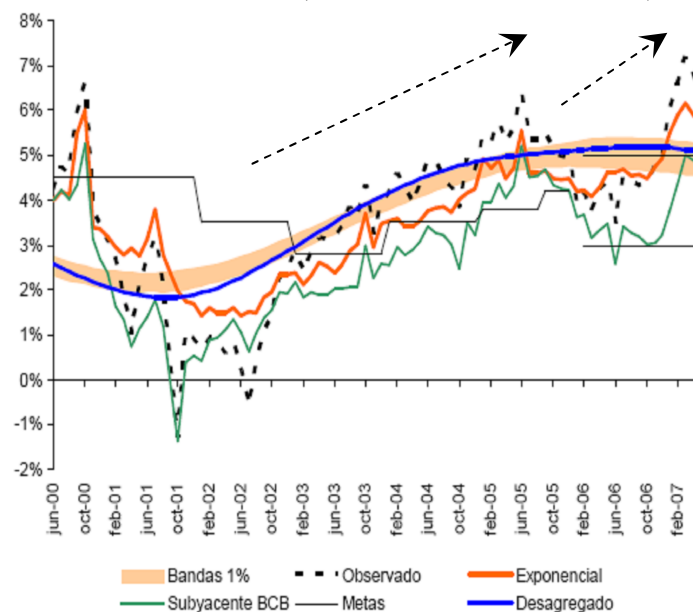
Gráfico 4  
Tipo de Cambio Observado y Multilateral de Referencia  
(Índice mensual 1995-2007)



Fuente: Banco Central de Bolivia

En ese contexto, la subvaluación de 2003 en adelante ha promovido un sesgo al alza en los precios internos. En efecto, el Gráfico 8 muestra la aceleración de la inflación (medido a través de los indicadores relevantes para el BCB) en el periodo 2000-2007. Los resultados muestran un descenso considerable en la inflación observada y subyacente en los periodos de 2000-2002. También se puede apreciar que a razón de esta caída, la inflación se ha acelerado de manera permanente a partir de 2003 en adelante (Gráfico 5).

Gráfico 5  
Indicadores de Inflación (En tasas, 2000- febrero de 2007)

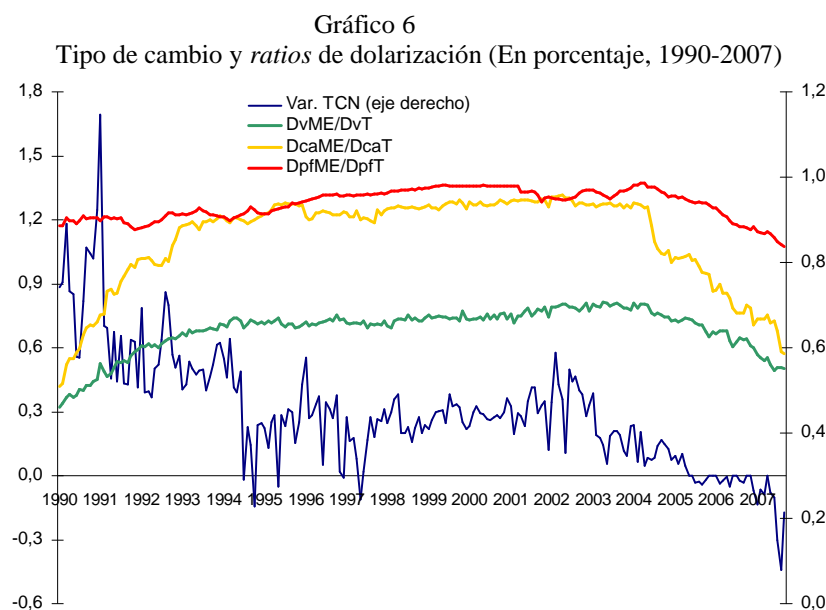


Fuente: Banco Central de Bolivia e Instituto Nacional de Estadística

### 3.2 Política cambiaria y dolarización

En la línea de Ize (2006), quien presenta un modelo fundado en una buena comprensión de las raíces de la dolarización así como los riesgos que implica dentro de la interrelación con la política monetaria. El autor sugiere que para enfrentar este problema, la autoridad debería concentrarse en mejorar la credibilidad del banco central, así como hacer reformas institucionales, ya que aclara las preferencias de política monetaria. La introducción de un régimen de metas de inflación podría ser útil, así como la flotación, o por lo menos la mayor flexibilidad en el tipo de cambio también podría contribuir a que el banco central tenga mejores oportunidades de poner en evidencia su capacidad administrativa y, como resultado, aumentar su credibilidad.<sup>19</sup>

El Gráfico 6 muestra la sensibilidad que tienen los *ratios* (proporción) de dolarización de los depósitos a la vista, en caja de ahorros y a plazo fijo, ante la orientación del tipo de cambio para los periodos de 1990 a 2007, observándose un aumento en los *ratios* de dolarización al 2004, que posteriormente tiende a descender, producto de la apreciación del tipo de cambio.



Fuente: Banco Central de Bolivia, Instituto Nacional de Estadística  
Elaboración propia

<sup>19</sup> Al respecto, véase Ize *op.cit.*, pág. 17, así como el texto de Dolarización Financiera del FMI y BCRP.

También se puede ver que la fuerte aceleración del tipo de cambio de 1994 a 1998 y 2002 elevó la proporción de dolarización financiera, limitando la profundización del sistema financiero. Finalmente, la información analizada, muestra que después de varios años de estabilidad en los *ratios* de dolarización, se ha logrado reducir a niveles cercanos a los principios de los noventa.

#### **4. BREVE REVISION DE LA LITERATURA SOBRE LA REGLA DE POLITICA Y EL TRASPASO CAMBIARIO**

Esta sección revisa los principales estudios sobre la función de reacción y el traspaso del tipo de cambio a los precios, tanto del caso más general sobre la evidencia internacional, como de la particular experiencia boliviana.

##### **4.1 Evidencia internacional, reglas de política cambiaria y el control de la inflación**

Existen diversos trabajos empíricos orientados a estimar una función de reacción para el tipo de cambio con las características de la economía boliviana. El impulso que dio al estudio empírico de estas funciones se encuentra en Parrado (2004), quien considera que las autoridades monetarias formulan su política en función al desempeño esperado de la brecha del producto, inflación y la competitividad externa. Un resumen de la evidencia internacional al respecto se puede observar en el cuadro 4.

Cuadro 4

Autor	Funciones de reacción con “MGM”	Respuesta: En la brecha de la inflación, la brecha del producto.
Eric Parrado (2004) Singapur	Función de reacción para el tipo de cambio y la nueva Curva de Phillips, construida a través de la brecha de la inflación (observada y la meta), la brecha del producto construida a través del filtro (Hodrick Prescott) y un factor de suavizado todas con un componente (Forward Looking).	El autor concluye que la depreciación del tipo de cambio asociado a la brecha de la inflación tiene un coeficiente de 1.44 y la brecha del producto esperado de alrededor de 0.24.
Balázs, Horváth, y Maino (2006) Belarus	Se construye una función de reacción para el tipo de cambio nominal que tiene como variables explicativas la brecha de la inflación (observada y Meta), la brecha de la producción (construido por el Filtro Hodrick Prescott), contempla el tipo de cambio real para capturar las consideraciones competitivas, la tasa de la FED de Estados Unidos, y por último el factor de suavizado del tipo de cambio todas con un componente (Forward Looking)	Los autores estiman un coeficiente asociado a la inflación esperada de alrededor de 0.86, para la brecha del producto esperado de -0.00 y para el tipo de cambio real de -0.73.
Jacome y Parrado (2007) América Central y República Dominicana.	Construyen tres funciones de reacción; La primera para la tasa de interés. La segunda para el tipo de cambio. La tercera para la base monetaria. La construcción de estas funciones tienen como componentes la brecha de la inflación, producto y tipo de cambio real. Todas las funciones son estimadas por separado además de contar con el componente (Forward Looking).	Para la tasa de interés asociado a la inflación se estima los siguientes resultados (Costa Rica 1.25, Guatemala 1.98, Honduras 0.62, Nicaragua 0.71 y República Dominicana 0.70. En ese orden por país los resultados para el tipo de cambio son (0.39, -0.18, -0.78, -0.15, -2.82) y para la brecha del producto en ese mismo orden (0.55, 0.92, 0.25, 0.20, -3.90) y para el tipo de cambio real los resultados son (0.06, -0.69, 0.16, -0.35 y 2.33).
Leiderman, Maino y Parrado (2005) Chile, Colombia Perú y Bolivia	Se construyen dos funciones de reacción una para el tipo de cambio (tasa Crawl) para Bolivia y la tasa de interés para las demás Economías. Las funciones tienen como variable explicativas la brecha de la inflación (construida a través de la inflación observada respecto de la meta de inflación), Brecha del producto (que se obtiene a partir del Filtro de Hodrick y Prescott), la Reservas Internacionales Netas, el Tipo de Cambio Real, la Tasa de Interés de la Reserva Federal de los Estados Unidos y un rezago en la tasa Crawl.	Los autores estiman para Bolivia un coeficiente asociado a la brecha de la inflación de -0.51, la brecha del producto un coeficiente en torno a -0.41, el tipo de cambio real con -0.20, las reservas internacionales netas estas en torno a -0.27 y el rezago en la tasa Crawl de 0.72. Por otro lado para las economías de Chile, Colombia y Perú el instrumento de la tasa de interés asociado a la inflación es de 0.75, 0.82, 0.53 en ese orden, lo mismo para la brecha del producto de alrededor de 0.00, 0.01, -0.38.
Mendieta y Rodríguez (2007) Bolivia	Construyen una función de reacción para la tasa de depreciación nominal del tipo de cambio. Misma que tiene como variables explicativas la brecha de Inflación (observada respecto a la Meta Programada) la Brecha del producto construido a través del filtro (Hodrick y Prescott) y la tasa de depreciación con un rezago más una perturbación aleatoria.	Las estimaciones empíricas muestran un resultado asociado a la brecha de la inflación alrededor de 0.08, mientras que para la brecha del producto se encuentra en torno a -0.03, en tanto que la tasa de depreciación rezagada es 0.82.

Fuente: Elaboración propia, varios autores

## 4.2 Evidencia para Bolivia, reglas de política y el traspaso cambiario

Una investigación próxima al caso boliviano se encuentra en Leiderman, Maino y Parrado (2005), quienes utilizando un modelo VAR para estimar el traspaso cambiario y una función de reacción para la regla del ente emisor para economías dolarizadas Perú, Bolivia y no dolarizadas Colombia y Chile, indican que los tres bancos centrales incrementan la tasa de interés cuando desean controlar la inflación, en un 0.75 en caso de Chile, 0.82 en Colombia y 0.53 en Perú. En el caso boliviano el BCB desacelera la tasa de depreciación en torno a -0.51. Además de que los coeficientes asociados con la brecha del producto son poco significativos en Perú y Colombia, en el caso de Bolivia sucede lo contrario, el coeficiente es significativo de alrededor de -0.41, lo indica que la política cambiaria se maneja con propósitos anticíclicos.

Los autores concluyen que en el caso del Perú, una economía dolarizada, la estrecha relación de tipo de cambio y precios internos, ha disminuido con la aplicación del “Esquema de Metas Explícitas de Inflación” y contrariamente al caso boliviano esta relación se ha mantenido, circunscribiendo a un marco monetario de “Fijación de Metas de Competitividad con Miedo a Flotar” (*Fear of Floting*) (Cuadro 18).<sup>20</sup>

Cuadro 5  
Marcos Monetarios

	Esquema Completo de Metas explícitas de inflación (ECMEI)	Metas de inflación intermedia (MII)	Fijación de metas de competitividad con miedo a flotar (MCMF)
Meta Final Primaria	inflación	Inflación	Competitividad
Meta final secundaria	Competitividad	Competitividad	Inflación
Meta Operativa	Tasa de interés	Agregado Monetario	Tasa de minidevaluaciones
Amortiguador primario de los choques	Tipo de Cambio	Tasa de interés	Activos externos
Amortiguador secundario de los choques	Activos extenos	Tipo de cambio/Activos Externos	Tasa de interés

<sup>20</sup> Al respecto, véase Calvo y Reinhart (2000), pág. 45. En línea con los autores, el objetivo del BCB es la competitividad y la autoridad monetaria estabiliza el tipo de cambio mediante la tasa de ajuste de mini devaluaciones que se constituye en la meta operativa del BC y donde las reservas internacionales reciben los *shocks* de la economía producto de los ajustes en el tipo de cambio, debido al sistema cambiario deslizante en el país (*Crawling Peg*).

Dentro de las presentaciones más recientes, Mendieta y Rodríguez (2007), plantean una función de reacción para el tipo de cambio que se estima a través del *MGM*. La función tiene como variables explicativas la brecha de la inflación, la brecha del producto, ambas con un rezago. Los coeficientes asociados a la estimación empírica muestran un 0.08 a la brecha de la inflación, -0.03 a la brecha de producto y 0.82 al tipo de cambio rezagado. Los investigadores concluyen que en los últimos años el tipo de cambio se ha administrado con el objetivo de mantener el tipo de cambio real en sus niveles competitivos. Del mismo modo los autores consideran que es necesario alinear el tipo de cambio con el comportamiento observado y esperado de la inflación, aspecto que va en la línea con el régimen de metas explícitas de inflación.

Por otro lado, el BCB a partir de varios estudios ha confirmado que persiste la relación estrecha entre la tasa de depreciación e inflación (Cuadro 6).<sup>21</sup>

Cuadro 6 El traspaso en Bolivia		
Periodo	Autor (es)	Coeficiente de Traspaso
1986 - 1990	Domínguez y Rodrick (1990)	Esta en torno a 0.60 para la tasa de depreciación oficial y 0.80 para la paralela.
1989 - 1991	Comboni y De la Viña (1992)	En el corto plazo es 0.65.
1992 - 1994	Comboni (1994)	Se estimo en 0.52
1989 – 1999	Orellana y Requena (1999)	Esta en torno a 0.24.
1990-2001	Cupe (2002)	Con precios de los hidrocarburos constantes es 0.24, si estos suben varia en 0.30.
1998 - 2004	Escobar y Mendieta (2005)	Esta entorno a 0.65 en el largo plazo y 0.25 en el corto plazo.
Fuente: Banco Central de Bolivia y Unidad de Análisis de Políticas Sociales y Económica Elaboración propia		

Las evidencias revisadas confirman parcialmente la disminución del traspaso cambiario, pero se debe señalar que los últimos dos estudios muestran que el coeficiente sube cuando los

<sup>21</sup> Véase Escobar y Mendieta (2005), pág. 25.



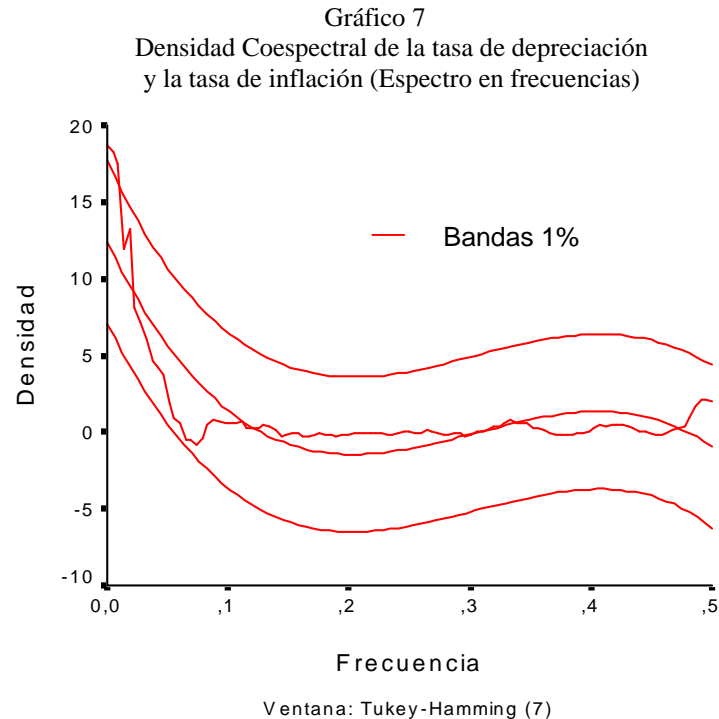
precios de los hidrocarburos varían, en tanto que la ultima investigación confirma que el traspaso permanece todavía alto en el largo plazo, sin ningún cambio importante en la relación estructural entre ambas variables, avalando el tipo de cambio como principal instrumento para controlar la inflación.

## 5. TRANSMISIÓN DEL TIPO DE CAMBIO Y LA FUNCIÓN DE REACCIÓN

### 5.1 Análisis preliminar

Como una aproximación al estudio del mecanismo de transmisión del tipo de cambio a la inflación, se utilizara la técnica del análisis espectral desarrollado por Priestley (1981), método que permite analizar la temporalidad cíclica de corto y largo plazo de la inflación y depreciación, en tanto que para el análisis del mecanismo de transmisión se hace uso de un VAR estructural desarrollado por McCarthy (1999).

El análisis de densidad coespectral, permite descomponer la función regular del “*pass-through*” en componentes de ciclo bien definidos a partir de bandas de frecuencia, mostrando las señales regulares de corto y largo plazo entre la depreciación e inflación (Grafico7).



Fuente: Banco Central de Bolivia, Instituto Nacional de Estadística  
Elaboración propia

El coespectro del tipo de cambio a la inflación indica que existieron tres periodos bien diferenciados en la duración de los ciclos de la política cambiaria.<sup>22</sup> El primero corresponde a la frecuencia 0,1 mismo que muestra la duración del ciclo de larga duración en 62 meses aproximadamente. La segunda frecuencia 0,3 está relacionada con ciclos de duración de 20 meses. Finalmente la frecuencia 0,5 está relacionada con ciclos de duración de 12 meses.

Los resultados encontrados y el análisis gráfico correspondiente a la función de densidad de las dos variables, señalan que la principal variación en la función se concentra cerca de la frecuencia 0 y 0,1. Esta ultima frecuencia está relacionada con movimientos de largo plazo, por lo que se puede concluir que la relación entre la tasa de inflación y depreciación está compuesta fundamentalmente por movimientos de largo plazo. Este análisis precedente, indica que la administración en la tasa de depreciación respecto a la tasa de inflación es estable en virtud a la cercanía con los valores de equilibrio de largo plazo.

## 5.2 Especificación y resultados del VAR estructural

Esta sección presenta la especificación modificada del modelo de McCarthy *op. cit.* y la estimación empírica del traspaso a través de la técnica del VAR. La descripción y fuente de los datos se encuentran en la sección descripción de datos así como en el Anexo “I”. En base, a estas modificaciones, la estructura del VAR toma las siguientes características de transmisión recursiva.

$$\pi_t^{IPE} = E_{t-1}(\pi_t^{IPE}) + \varepsilon_t^{IPE} \quad (1)$$

$$y_t^D = E_{t-1}(y_t^D) + \varepsilon_t^{IPE} + \varepsilon_t^D \quad (2)$$

$$\Delta e_t = E_{t-1}(\Delta e_t) + \varepsilon_t^{IPE} + b_2 \varepsilon_t^D + \varepsilon_t^{\Delta e} \quad (3)$$

$$\pi_t^C = E_{t-1}(\pi_t^C) + \varepsilon_t^{IPE} + w_2 \varepsilon_t^D + w_3 \varepsilon_t^{\Delta e} + \varepsilon_t^{\pi^C} \quad (4)$$

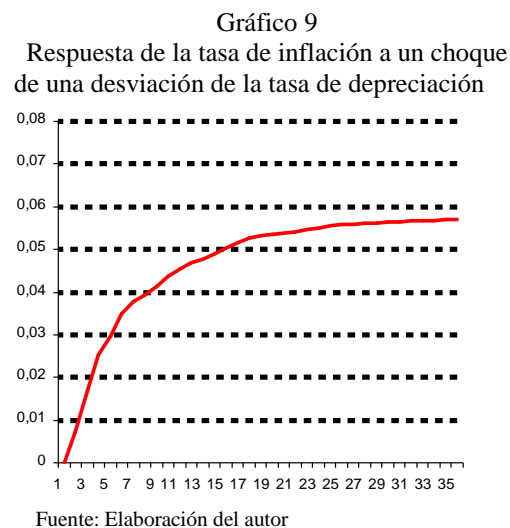
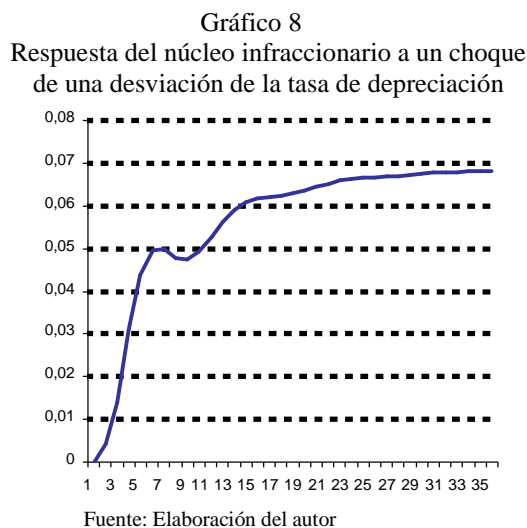
$$\pi_t^{Core} = E_{t-1}(\pi_t^{Core}) + w_1 \varepsilon_t^{IPE} + w_2 \varepsilon_t^D + w_3 \varepsilon_t^{\Delta e} + w_4 \varepsilon_t^{\pi^C} + w_5 \varepsilon_t^D + \varepsilon_t^{\pi^{Core}} \quad (5)$$

La estimación empírica se obtuvo a través de las funciones de impulso-respuesta acumuladas, las cuales brindan información acerca de la reacción acumulada de la variable endógena debido al impacto de un *shock* en una variable estructural. Eso significa que los *shocks* cambiarios (medidos a través de la tasa de depreciación) sobre la inflación total y el núcleo de inflación indican el traspaso cambiario (*pass-through*) y que son relevantes en la investigación.

<sup>22</sup> La duración del ciclo se calcula sustituyendo en la identidad  $\lambda = 2\pi/\omega$ , para más detalles véase la sección econométrica.

El número de rezagos, fue escogido con los criterios de estimación (Akaike, Schwartz), en el cual también se verificó en los residuos estimados la no-existencia de auto correlación o alguna otra patología econométrica, para ello se utilizó la prueba LM de auto correlación que se muestra en los anexos correspondientes.<sup>23</sup>

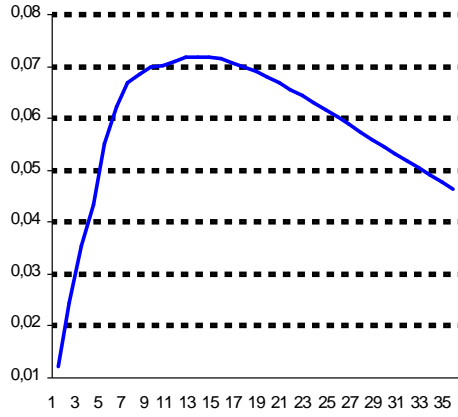
Los Gráficos 8 y 9 muestran la reacción acumulada del núcleo inflacionario debido al impulso de un *shock* equivalente al valor de una desviación estándar en la tasa de depreciación. El impacto indica que el efecto traspaso del tipo de cambio sobre el núcleo de los precios es significativo y mayor que la tasa de inflación. En efecto, el traspaso de la tasa de depreciación es de mayor duración y demora en desaparecer aproximadamente cuatro a cinco meses, mientras que el caso de la tasa de inflación registra un traspaso mucho menor de siete a nueve meses en desaparecer.



Los Gráficos 10 y 11 muestran las funciones de impulso-respuesta de los precios externos respecto al núcleo inflacionario y tasa de inflación, los resultados son consistentes con lo esperado. En particular, en la primera grafica se observa que los precios externos tienen un impacto significativo en la inflación subyacente en el sexto mes para luego descender, en tanto que el impacto de la inflación ante un *shock* de una desviación estándar a las innovaciones de los precios externos es oscilatorio con tendencia a incrementarse

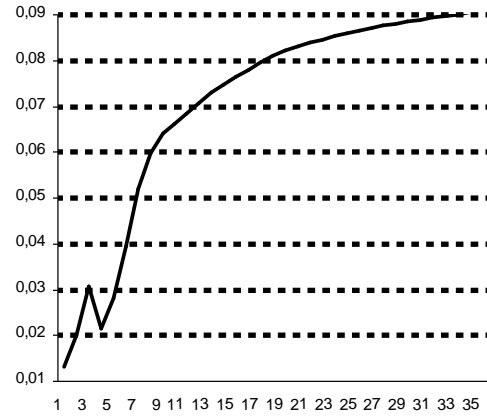
<sup>23</sup> Para mayores detalles véase la sección de análisis econométrico así como el Anexo III.

Gráfico 10  
Respuesta del núcleo inflacionario a un choque de una desviación de los precios externos



Fuente: Elaboración del autor

Gráfico 11  
Respuesta de la inflación a un choque de una desviación de los precios externos



Fuente: Elaboración del autor

En general, el anterior resultado confirma la transmisión de la depreciación al núcleo de la inflación como indicador relevante para la autoridad monetaria. En tanto que la transmisión de los precios externos a la inflación es significativo, esto debido a la importante participación de los bienes transables en el índice de precios al consumidor.

### 5.3 Especificación y resultados de la función de reacción

Esta sección presenta la especificación modificada del modelo de Parrado (2004) y la estimación empírica de la función de reacción. Para la estimación de la regla de política se hace uso de la técnica del Método Generalizado de Momentos (MGM),<sup>24</sup> la información que se utilizó corresponde al periodo comprendido entre enero de 1991 y diciembre de 2007. La elección de este periodo se debe a la disponibilidad de información estadística y a que es posterior al periodo de inestabilidad macroeconómica, que podría sesgar los resultados.

Función de reacción para la tasa de minidepreciaciones con objetivo de inflación, e inercia inflacionaria:

$$\Delta \log e_t = \alpha + \beta x(E_t \pi_{t+i}^{IPC} - \bar{\pi}) + \eta x(E_t \pi_{t-i}^{IPC} - \bar{\pi}) + \rho x \Delta \log e_{t-1} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Función de reacción para la tasa de minidepreciaciones con múltiples objetivos:

$$\begin{aligned} \Delta \log e_t = & \alpha + \beta x(E_t \pi_{t+i}^{IPC} - \bar{\pi}) + \gamma x(E_t y_{t+i} - \bar{y}) + \phi x(\Delta \log E_t RIN_{t+i}) \\ & + \lambda x(E_t TCR_{t+i} - \bar{TCR}_t) + \delta x(E_t \pi_{t-i}^{IPC} - \pi_t^{IPE}) + \rho x \Delta \log e_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2) \end{aligned}$$

<sup>24</sup> Al Respecto véase la sección econométrica para revisar la metodología del MGM

Los modelos anteriores sugieren la especificación de cada variable:

Cuadro 7

Variables	Especificación de la regla de política
$\Delta \log e_t$	Es la tasa de minidepreciaciones o apreciaciones del tipo de cambio nominal (tasa <i>Crawl</i> ) medida, a través de la diferencia logarítmica del tipo de cambio nominal mensual.
$\alpha, \beta, \gamma, \varphi$ $\lambda, \delta, \rho$	Son los factores de importancia en la brecha de la inflación, del producto, reservas internacionales, brecha del tipo de cambio real, paridad cambiaria, etc.
$E_t \pi_{t+i}^{IPC} - \bar{\pi}$	Es la brecha de la inflación. Que representa a la tasa de inflación menos la meta de inflación.
$E_t \pi_{t+i}^{IPC}$	Es la inflación esperada, entre los periodos $t$ y $t+i$
$\bar{\pi}$	Es la meta de inflación, que programa anualmente la autoridad monetaria. El periodo de 1991 a 1995 no existe fijación de metas de inflación, por tanto, esta se aproxima a través de la inflación filtrada (con un Hodrick y Prescott, con factor $\lambda = 7185$ ) mensual.
$E_t y_{t+i} - \bar{y}$	Es la brecha del producto: Corresponde al PIB total menos el PIB potencial.
$E_t y_{t+i}$	Es el producto real esperado, entre los periodos $t$ y $t+i$
$\bar{y}$	Es el producto potencial o de pleno empleo, donde los precios son perfectamente flexibles. Se mide a través del logaritmo del PIB total desestacionalizado con el X-12 ARIMA, entre el PIB filtrado (con un Hodrick y Prescott, con factor $\lambda = 7185$ ). Para la mensualización de la brecha se hace uso del método de Ajuste Cuadrático.
$E_t TCR_t - T\bar{C}R_{t+i}$	Es la brecha del tipo de cambio real, que mide el grado de desalineamiento cambiario Es el tipo de cambio real menos el tipo de cambio real de largo plazo.
$T\bar{C}R_{t+i}$	Es el tipo de cambio real de largo plazo. Para obtenerlo, se filtra (con un Hodrick y Prescott, con factor $\lambda = 7185$ ). Luego, se mensualiza la brecha con el método de ajuste cuadrático y recién se obtiene el desalineamiento que es igual al logaritmo del observado respecto del tendencial.
$\Delta \log E_t RIN_{t+i}$	Son las reservas Internacionales del BCB. Medido a través de la diferencia logarítmica de las RIN.
$E_t \pi_{t-i}^{IPC} - \pi_t^{IPE}$	Es la brecha de inflación externa, que mide la paridad cambiaria. Para ello primero, se obtiene la inflación interna y luego se resta la inflación externa. Todos en datos mensuales.
$\Delta \log e_{t-1}$	Es el factor de ajuste en el instrumento de política (inercia en la tasa <i>Crawl</i> ).
$\varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2 I_n)$	Es la perturbación estocástica, que se supone independiente con distribución idéntica, media igual a cero y no correlacionadas entre si.

Fuente: Clarida, Gali y Gertler (1998), Leiderman, Maino y Parrado (2005), Parrado (2007)

Elaboración propia

La elección de los instrumentos son por lo menos un año de rezago de las variables, según sean conocidas (por ejemplo la inflación se conoce con un mes de rezago, la brecha del PIB con tres, el desalineamiento y las reservas con uno).

El objetivo central de la investigación, es saber si el parámetro asociado con la inflación esperada es igual o cercano a uno negativo. Esto porque, como ya se señaló, un negativo igual o cercano a la unidad corresponde a una política cambiaria que estabiliza los precios

cuando aumentan las expectativas de inflación, de la misma manera se realiza el mismo análisis para los demás parámetros del modelo (Cuadro 8).

Cuadro 8  
Signos esperados en las funciones de reacción utilizando la tasa de  
*Crawl* como instrumento operativo de política cambiaria

Crawt como instrumento operativo de política cambiaria							
Inflación, inercia inflacionaria	$\alpha$	$E_t \pi_{t+i}^{IPC} - \bar{\pi}_t$	$E_t \pi_{t-1}^{IPC} - \bar{\pi}_t$	$\Delta \log e_t$			
Coeficientes esperados	+	-	-	+			
Objetivos multiples	$\alpha$	$E_t \pi_{t+i}^{IPC} - \bar{\pi}_t$	$E_t y_{t+i} - \bar{y}$	$\Delta \log RIN_{t+i}$	$TCR_{t+i} - \bar{TCR}_t$	$\pi_{t-i}^{IPC} - \pi_t^{IPE}$	$\Delta \log e_t$
Coeficientes esperados	+	-	-	-	-	+	+

Fuente: Clarida, Gali y Gertler (1998), Leiderman, Maino y Parrado (2005), Parrado (2007)  
Elaboración propia

## 5.4 Análisis empírico de la función de reacción

El propósito de esta sección es examinar en qué medida la persistencia en la inflación, el nivel de actividad, las reservas internacionales, el desalineamiento cambiario, la competitividad externa, han afectado la formulación de la política cambiaria del BCB en los últimos quince años. Con el fin de determinar el comportamiento intertemporal del banco central frente a los múltiples objetivos, se ha estimado dos funciones de reacción. A pesar de que se usaron varios horizontes de política, los resultados finales se muestran en la respuesta anualizada de largo plazo (esto, significa la reacción de largo plazo en la tasa de depreciación, ante el incremento de 1% en la variable dependiente).<sup>25</sup> En todos los resultados el coeficiente de la inflación esperada  $\beta$  es menor que uno negativo y significativo para permitir el rechazo de la hipótesis de que dicho coeficiente sea igual a uno. Por otro lado, cada parámetro que se incorpora en el modelo lleva su respectivo estadístico de significancia (error estándar y estadístico  $t$ ), así las dos últimas filas del cuadro muestran los niveles de significancia global del modelo MGM general asociados con la prueba  $J$  de Hansen de las restricciones sobre identificadas, así como el estadístico  $R^2$  que muestra el grado de ajuste en las variables del modelo.

En el primer modelo se especifica una función de reacción para la tasa de depreciación, bajo el supuesto que el banco central enfrenta solo el objetivo de inflación. Esto significa que las únicas variables independientes son la inflación esperada, la inercia inflacionaria, y la tasa de

<sup>25</sup> Para encontrar la respuesta anualizada de largo plazo, se hace uso de la siguiente función :  $\Gamma = \left\{ \frac{\rho_i}{e^{1-\rho} DLE(-1)} \right\}^{12} - 1$

donde  $\rho_i$  es la variable en cuestión,  $DLE(-1)$  misma que indica la inercia de la diferencia logarítmica del factor de ajuste en el instrumento de política cambiaria.

depreciación rezagada. Considerando que el BCB se preocupa por una inflación que programa anualmente (meta de inflación), para un horizonte de doce meses (n=12).<sup>26</sup> (Cuadro 9).

Cuadro 9  
*Función de reacción con inercia inflacionaria (basada en el MGM), 1991-2007*  
*Utilizando la tasa de mini-depreciaciones como instrumento operativo*  
*Alternativa de meta de inflación para horizontes de política*

Parámetros y estadísticos	Método de estimación (Fixed)				Respuesta anualizada de largo plazo (En porcentajes, para n=12)
	Expectativa de Inflación (n=0)	Expectativa de inflación (n=6)	Expectativa de inflación (n=9)	Expectativa de inflación (n=12)	
	-0,0015	0,0072	0,0015	0,0012	0,000
Error Estándar	0,0001	0,0071	0,0065	0,0000	-
Estadístico t	-0,1220	1,0112	0,2297	0,2024	-
$E_t \pi_{t+12}^{IPC} - \bar{\pi}_t$	-0,0044	-0,0208	-0,0127	-0,0210	-0,003
Error Estándar	0,0129	0,0055	0,0051	0,0049	-
Estadístico t	-0,3379	-3,8173	-2,5046	-4,2613	-
$E_t \pi_{t-1}^{IPC} - \bar{\pi}_t$	-0,0150	-0,0047	-0,0118	-0,0052	-0,001
Error Estándar	0,0131	0,0059	0,0050	0,0049	-
Estadístico t	-1,1395	-0,7969	-2,3551	-1,0430	-
$\Delta e_{t-1}$	0,9193	0,9436	0,9507	0,9348	-
Error Estándar	0,0323	0,0190	0,0174	0,0148	-
Estadístico t	28,4575	49,6817	54,5256	63,1961	-
Estadístico J	0,3594	0,1257	0,0949	0,0800	-
Estadístico $R^2$	0,6174	0,5997	0,5995	0,6200	-

Fuente: Banco Central de Bolivia e Instituto Nacional de Estadística

Elaboración propia

Nota:

- El *set* de instrumentos incluye de 1 a 9, 13 rezagos.
- El horizonte de política (n) para la meta se lo realiza a través de la prueba *Newey West-(Fixed)*.
- La respuesta anualizada de largo plazo se lo realiza a partir de n=12
- Con muestra completa de 192 datos mensuales

La regla para la tasa *Crawl* con un horizonte de doce meses toma la siguiente forma:

$$\Delta \log e_t = \underset{(0,00)}{0,00} - \underset{(0,00)}{0,02} \times E_t (\Delta \log \pi_{t+12}^{IPC}) - \underset{(0,00)}{0,01} \times E_t (\Delta \log \pi_{t-1}) + \underset{(0,01)}{0,93} \times \Delta \log e_{t-1}$$

Los resultados anualizados de largo plazo se interpretan de la siguiente forma:

- En el largo plazo, un incremento de 1% en la brecha de inflación esperada, implica que la autoridad cambiaria reacciona desacelerando la tasa de depreciación entorno a -0,003%.
- El impacto de 1% en la inercia inflacionaria, implica que la autoridad reacciona desacelerando la tasa de depreciación alrededor de -0.001%. Por otro lado, el factor de

<sup>26</sup> El BCB determina la meta de inflación que espera alcanzar para el siguiente año en diciembre del año en curso.

ajuste en la tasa de depreciación muestra que la autoridad desacelera lentamente el instrumento de política para contrarrestar la persistencia de la inflación.

El segundo modelo, estima la función de reacción bajo el supuesto que el banco central enfrenta múltiples objetivos. Esto significa, que las variables independientes son la inflación esperada, la brecha del producto, las reservas internacionales, el desalineamiento cambiario, la brecha de la inflación externa, y la depreciación rezagada (Cuadro 10).

Cuadro 10  
*Función de reacción con múltiples objetivos (basada en el MGM), 1991-2007*  
*Utilizando la tasa de mini-depreciaciones como instrumento operativo*  
*Alternativa de meta de inflación para horizontes de política*

Parámetros y estadísticos	Método de estimación (Fixed)				
	Expectativa de inflación (n=0)	Expectativa de inflación (n=6)	Expectativa de inflación (n=9)	Expectativa de inflación (n=12)	Respuesta anualizada de largo plazo (En porcentajes, para n=12)
$\alpha$	0,0005	0,0005	-0,0001	0,0003	0,002%
Error Estándar	0,0002	0,0008	0,0001	0,0001	-
Estadístico t	3,2186	5,4462	-1,9855	5,4321	-
$E_t \pi_{t+i}^{IPC} - \bar{\pi}_t$	0,0001	-0,0120	-0,0122	-0,0092	-0,063%
Error Estándar	0,0035	0,0017	0,0014	0,0013	-
Estadístico t	0,0421	-7,1256	-8,8346	-7,3406	-
$E_t y_{t+i} - \bar{y}$	-0,0147	0,0011	0,0013	-0,0210	-0,144%
Error Estándar	0,0052	0,0023	0,0019	0,0023	-
Estadístico t	-2,8208	0,4754	0,6882	-9,2804	-
$\Delta RIN_{t+i}$	-0,0091	-0,0108	-0,0019	-0,0051	-0,035%
Error Estándar	0,0021	0,0011	0,0007	0,0006	-
Estadístico t	-4,2288	-10,0103	-2,8835	-8,0386	-
$TCR_{t+i} - \bar{TCR}_t$	0,0009	0,0027	-0,0033	-0,0142	-0,097%
Error Estándar	0,0057	0,0027	0,0019	0,0020	-
Estadístico t	0,1592	1,0344	-1,7317	-7,1878	-
$\pi_{t-1}^{IPC} - \pi_t^{IPE}$	0,0051	0,0019	-0,0028	0,0081	0,055%
Error Estándar	0,0022	0,0012	0,0008	0,0008	-
Estadístico t	2,3183	1,6517	-3,4326	10,6642	-
$\Delta e_{t-1}$	0,8725	0,8270	1,0304	0,8537	-
Error Estándar	0,0474	0,0242	0,0164	0,0180	-
Estadístico t	18,4249	34,1823	62,8630	47,4075	-
Estadístico J	0,4247	0,1366	0,1010	0,0848	-
Estadístico $R^2$	0,6216	0,6159	0,5835	0,6197	-

Fuente: Banco Central de Bolivia e Instituto Nacional de Estadística

Elaboración propia

Nota:

- El *set* de instrumentos incluye de 1 a 9 y 13 rezagos.
- El horizonte de política (n) para la meta se lo realiza a través de la prueba *Newey West-(Fixed)*.
- La respuesta anualizada de largo plazo se lo realiza a partir de n=12
- Con muestra completa de 192 datos mensuales

La regla para la tasa *Crawl* con un horizonte de doce meses toma la siguiente forma:



$$\Delta \log e_t = 0,00_{(0,00)} - 0,01 x E_t (\Delta \log \pi_{t+12}^{IPC})_{(0,00)} - 0,02 x E_t (\Delta \log \gamma_{t+12})_{(0,00)} - 0,01 x E_t (\Delta \log RIN_{t+12})_{(0,00)} - 0,01 x E_t (\log TCRE_{t+12})_{(0,00)} \\ + 0,01 x E_t (\Delta \log \pi_{t-1}^{IPE})_{(0,00)} + 0,85 x \Delta \log e_{t-1} \quad (0,01)$$

Los resultados anualizados de largo plazo (última columna del cuadro) se interpretan de la siguiente forma:

- a. En el largo plazo, un incremento de 1% en la brecha de la inflación esperada, implica que la autoridad cambiaria reacciona desacelerando la tasa de depreciación en torno a -0,06%.
- b. En tanto, que un efecto de 1% en la actividad económica real, implica que la autoridad reacciona desacelerando la tasa de depreciación en -0,14%. Mismo que Indica que la autoridad monetaria recurre a la política cambiaria para mantener la estabilidad del producto (Política contracíclica).
- c. El impacto de 1% en las reservas internacionales, implica que la autoridad cambiaria reacciona desacelerando la tasa *crawl* alrededor de -0,05%. Esto significa que para contrarrestar una pérdida en reservas se recurre a incrementos en la tasa *Crawl*. Ello sugiere que el BCB utiliza las reservas internacionales como amortiguadores de primera línea contra los *shocks*.
- d. El desalineamiento cambiario de 1%, implica que la autoridad desacelera en -0,09 la tasa *crawl*. Esto en vista de su impacto expansivo, una depreciación del tipo de cambio real, lleva a una desaceleración en la tasa de *crawl* del BCB.
- e. Por otro lado, en el largo plazo un impacto en la paridad cambiaria de 1%, implica una aceleración en la tasa de depreciación de alrededor de 0,05%. Esto significa, que la autoridad reajusta suavemente la tasa *crawl* con la intención de mantener el valor real de la paridad (competitividad cambiaria).
- f. Los anteriores resultados se contrastan con el parámetro que indica la lentitud de ajuste en el instrumento. En efecto, el coeficiente asociado al factor inercial en la tasa de depreciación se encuentra en torno a 0,85 resultado altamente significativo, esto debido al grado de dolarización del sistema financiero y al régimen cambiario en el cual opera la autoridad.

En general, las principales implicancias del modelo indican que la autoridad cambiaria reacciona fuertemente al nivel de actividad económica real, desalineamiento cambiario, el valor real de la paridad cambiaria y no así a la brecha de la inflación, que debería ser la principal preocupación de autoridad. Este hecho, se refleja en el propósito de mantener las reservas internacionales como principal amortiguador de los *shocks* que enfrenta la economía, lo cual es consistente con la preocupación de limitar el impacto potencialmente negativo en la brecha del tipo de cambio real y el nivel de actividad agregada, dado la característica de una economía dolarizada. En ese sentido, la importancia del desalineamiento cambiario y nivel de actividad en las decisiones de política, se debería fundamentalmente al hecho de que la autoridad orienta al tipo de cambio hacia pequeñas depreciaciones o apreciaciones periódicas con la intención de mantener el valor real de la paridad en sus niveles competitivos.

Finalmente, los anteriores resultados se contrastan con la inercia inflacionaria y el factor de ajuste en el instrumento, mismos que señala que la autoridad no reacciona en forma enérgica y oportuna frente a esta distorsión. Al respecto Clarida, Galí y Gertler (1998) muestran que este tipo de comportamientos reflejan a autoridades monetarias que miran hacia atrás (*backward looking*), y como señala Agenor (2002), este tipo de formación de expectativas de inflación, refuerza la persistencia de la inflación o mecanismo de “sincronización” que profundizan la inestabilidad económica porque “abren la posibilidad a brotes inflacionarios que resultan de cambios en las expectativas que se auto cumplen”.

## **CONCLUSIONES**

La presente sección destaca tanto las conclusiones como las recomendaciones del documento, respecto a la consistencia de la administración del tipo de cambio con el control de la inflación en los últimos veinte años.

A través de la investigación efectuada se pudo identificar los siguientes aspectos:

### **a) Conclusiones desde el punto de vista histórico**

- El programa de estabilización de 1985 condujo a la adopción de una política cambiaria menos rígida, donde el tipo de cambio registró variaciones periódicas, lo que marcó el inicio del Bolsín y dio lugar a la reducción de la hiperinflación.
- Con ello, se estabilizó el tipo de cambio y los precios se desaceleraron, adoptándose el régimen cambiario deslizante (*Crawling Peg*).
- Este régimen cambiario tuvo como objetivos controlar la inflación interna y unificar el mercado cambiario, en procura de mantener la estabilidad del tipo de cambio real.

#### **b) Conclusiones desde el punto de vista de evidencias y la dinámica en la política cambiaria e inflación en Bolivia**

- La evidencia presentada mostró que la orientación de la política cambiaria en Bolivia ha contribuido al control de inflación, así como en la determinación de la competitividad externa.
- Sin embargo, a medida que la tasa de inflación cayó y se estabilizó, la política cambiaria tuvo un sesgo expansivo entre 2001 y mediados del 2004. Este impulso cambiario habría generado un desalineamiento del tipo de cambio de sus niveles de equilibrio de largo plazo, acelerando la tasa de inflación con carácter permanente a partir de 2003 en adelante.
- En esa línea, la orientación de la autoridad cambiaria a partir de 2005 en adelante tuvo por objetivo reducir los riesgos de dolarización en el sistema financiero, atenuar la inflación de origen externo e interno así como corregir el desalinamiento cambiario generado en años previos.
- La evidencia internacional indica que una gran parte de los bancos centrales orientan la política cambiaria a coadyuvar con el control de precios.

#### **d) Conclusiones sobre el análisis empírico de transmisión y la función de reacción**

- El análisis de temporalidad de la tasa de depreciación e inflación indica que ambas variables se encuentran altamente relacionadas en el largo plazo.
- La política cambiaria se transmite al núcleo inflacionario así como la tasa inflación interna, en tanto que el resultado en el nivel de precios externos es significativamente menor.

- El análisis de la función de reacción así como la evidencia revisada muestra que la política cambiaria en Bolivia se ha manejado con el propósito de mantener el valor real de la paridad cambiaria. Los resultados señalan que la actividad económica, la brecha en el tipo de cambio real son altamente significativos.
- En este contexto, los resultados relacionados con la inflación esperada, señalan que las autoridades siguen una política de estabilización concentrada en los objetivos previos más que en el control de la inflación. Esto significa que no reacciona en forma oportuna y agresiva contra los brotes de expectativas inflacionarias en los agentes económicos.
- Del mismo modo la inercia en la tasa de depreciación indica que las autoridades no reaccionan en forma enérgica frente a estos efectos, debido fundamentalmente al grado de dolarización del sistema financiero.
- En términos del presente trabajo, se sugiere la idea de una política cambiaria basada en Metas Explícitas de Inflación que enfrenta el problema de la “inconsistencia dinámica” y enfatiza en reglas de política consistentes con el objetivo de inflación, lo que naturalmente plantea flexibilizar el tipo de cambio para mejorar la credibilidad del BCB.
- Para esto, sí bien la economía boliviana enfrenta un nivel aún alto de dolarización financiera no se puede antes descartar la efectividad de esta política.
- En efecto, la experiencia del Perú con casi similares características de dolarización ha venido demostrando a partir del 2002 (el Banco Central de la Reserva del Perú decidió adoptar este esquema), que la política monetaria ha sido exitosa en el control de la inflación, esto ha llevado a profundizar el sistema financiero, la reducción en el nivel de dolarización, mejorar la credibilidad del ente emisor y contribuir a garantizar el crecimiento económico con tasas más estables en el mediano y largo plazo.

## Bibliografía

AGENOR, Pierre (2002), “*Monetary Policy Under Flexible Exchange Rates: An Introduction to Inflation Targeting*”, *The World Bank*, Noviembre.

ARMAS, Adrián y Francisco GRIPPA (2005), “Metas de Inflación en Economías Dolarizadas: La experiencia del Perú”, Trabajo Presentado en la Conferencia Metas de Inflación en Economías Dolarizadas llevado a cabo en Lima Perú, en abril.

BALL, Laurence, MAKIW, y David ROMER (1988), “*The New Keynesian Economics and the Output-inflation Trade off*”, *Brookings Papers on Economic Activity*, No 1, pp. 1-65.

BOYAN, Rafael y Raúl MENDOZA (2002), “Metas Explicitas de Inflación y la Política Monetaria en Bolivia”, *Centro de Estudios Monetarios Latinoamericanos*, Vol. 15, No 4 octubre-diciembre.

Banco Central de Bolivia, MEMORIAS INSTITUCIONALES DE LA INSTITUCION de 1957, 1960, 1963, 1965, 1970, 1973, 1975, 1976, 1979, 1982, 1986, 1987, 1990, 1992, 1995, 2000, 2001, 2002, 2005, 2006, 2007. Documento del Banco Central de Bolivia, La Paz-Bolivia.

BLINDER, Alan (1997) “El Banco Central: Teoría y Política” Princeton University, and London School of Economics, Antoni Bosch editor, agosto de 1997.

BUBULA y Otker-Robe (2002), “The Evolution of Exchange Rate Regimes Since 1990: Evidence from De Facto Policy”, *International Monetary Found*, WP/02/155. September 2002.

CALVO, Guillermo (1983), “Staggered Prices in a Utility-Maximizing Framework”, *Journal Of Monetary Economics*, Vol. 12, No 3, pp. 983-998.

CLARIDA, Richard, Jordi GALÍ, y Mark, GERTLER (1998) “Monetary Policy Rules in Practice. “Some International Evidence”, *European Economic Review*, Vol. 42

DE GREGORIO, José (2006), “Metas de Inflación y el objetivo de Pleno Empleo”, Trabajo Presentado en la Conferencia con el motivo de la inauguración del Año Académico, Facultad de Economía y Negocios de la Universidad Católica de Chile, Vol. 9 No.2, agosto.

ESCOBAR, Luis y Pablo MENDIETA (2005), “Inflación y Depreciación en una Economía Dolarizada: El caso de Bolivia”, *Revista de Análisis del Banco Central de Bolivia* Vol.7 No. 1, junio.

HODRICK, Robert y Edward PRESCOTT (1999), “Postwar U.S. Business Cycles: An Empirical Investigation”, *Journal of Money, Credit and Banking* Vol. 29 No. 1: 1-16.

HAMILTON, James (1994), *Time Series Analysis* Princeton: Princeton University Press.

HANSEN, Lars (1982), “Large Sample Properties of Generalized Method of Moments Estimators”, *Econometrica*, vol. 50, No 4, Julio, pp. 1029-54.

KYDLAND, Finn y Edward PRESCOTT (1977), “Rule than Discretion: The Inconsistency of Optimal Plans” *Journal of Political Economy*, vol. 85, No 3.

LÚTKEPOH (1993), “Introduction to Multiple Time Series Analysis”, Springer-Verlag, Segunda Edición.

LEIDERMAN, Leonardo, Rodolfo MAINO y Eric PARRADO (2005), “Metas de Inflación en Economías Dolarizadas”, Trabajo presentado en la Conferencia Metas de Inflación en Economías Dolarizadas llevado a cabo en Lima Perú, en abril.

MORALES, Juan Antonio y Jeffrey SACHS (1987) “La crisis económica en Bolivia”. Sep. 1987, Instituto de investigaciones Socio Económicas de la universidad Católica.

MCCARTHY, Jonathan (1999), “Pass-through of Exchange Rates and Import Prices to Domestic Inflation in Some Industrialised Countries”, BIS Working Paper No. 79, noviembre.

NOTON, Carlos (2003), “The Pass-Through from Depreciation to Inflation: Chile 1986-2001”, Estudios de Economía Vol. 30 No. 1: 133-155.

PARRADO, Eric (2004), “Singapore’s Unique Monetary Policy: How Does It Work?” International Monetary Found, Working Paper WP/04/10. January 2004.

PRIESTLEY (1981), “Spectral Analysis and Time Series”, Vol. 1 Univariate series. Academic Press Inc.

SVENSSON, Lars (1997), “Inflation Forecast Targeting, implementing and monitoring inflation targets”, *European Economic Review*, 41 junio.

TAYLOR, Jhon (2000), “Low Inflation, Pass-Through and the Pricing Power of Firms”, *European Economic Review* Vol. 44: 1389-1408.

WALSH, Carl (2003), “Monetary Theory and Policy”, *Massachusetts Institute of Technology*, Press 2a. edición.

### Sección Econométrica I: “Método Generalizado de Momentos (MGM)”<sup>27</sup>

Siguiendo a Hansen (1982) una manera de estimar una función que incluye variables a futuro (*Forward Looking*), consiste en usar el Método Generalizado de Momentos (MGM), el cual constituye una generalización del Método de Momentos.<sup>28</sup> La ventaja de usar esta técnica se fundamenta en dos aspectos: i) No requiere imponer cierta distribución de probabilidades a las variables ii) Es consistente con la evaluación del comportamiento de optimización intertemporal de los agentes económicos.

Cuando se dispone de una serie de observaciones (muestra) de una variable aleatoria  $y_t$  con función de probabilidad que depende de un vector  $k$  de parámetros desconocidos denotados por  $\theta$  estamos definiendo el vector de condiciones del momento que tiene como contraparte la muestra del momento de la población. Por tanto, el estimador del Método Generalizado de Momentos  $\hat{\theta}$  puede definirse como aquel que iguala el momento de la muestra con el momento de la población.

$$g_t(\hat{\theta}) = \frac{\sum_{t=1}^T g(y_t, \hat{\theta})}{T} = 0 \quad (1)$$

Si el número de las condiciones del momento excede el número de parámetros desconocidos  $a > k$  el sistema esta “sobre-identificado”, puesto que no existe un único  $\hat{\theta}$  satisfactorio en la ecuación (1). El método generalizado de momentos propone que se use un  $\hat{\theta}_{MGM}$ ;

$$\hat{\theta}_{MGM} = \argmin_{\theta} g(\theta)' C_T g(\theta) \quad (2)$$

<sup>27</sup> Ver D’amato y Garegnani (2006) y el Manual del E-views, así como Hansen (1981).

<sup>28</sup> El método de momentos, permite identificar los momentos inferiores (momentos subyacentes) de los datos observados, el cual permite ajustar cualquier tipo de curvas complejas y de pronóstico.

Hansen (1982) propone un método para elegir  $C_T$  óptimamente, es decir, para obtener el  $\hat{\theta}_{MGM}$  con el número de varianza. Que consiste en minimizar la inversa de la matriz asintótica de varianza y covarianza. Que puede repetirse (iteración) hasta alcanza un estimador  $\hat{\theta}^j = \hat{\theta}^{j+1}$  para periodos  $t + 1$ .

$$\hat{\Omega}_{HAC} = \Gamma(0) + \left[ \sum_{j=1}^{T-1} k(j, q) \{ \hat{f}(j) + \hat{f}(-j) \} \right] \quad (3)$$

La Matriz,  $\hat{\Omega}_{HAC}$  es conocida como la matriz de covarianza con heterocedasticidad y autocorrelación consistente.<sup>29</sup> La estimación de esta matriz necesita especificar un “Kernel” usado para ponderar las covarianzas y con un ancho de banda para las autocovarianzas.<sup>218</sup> Para probar si las estimaciones de los parámetros del modelo MGM se encuentran sobre identificados, Hansen (1982) sugiere realizar la prueba de sobre identificación utilizando el *estadístico J* que se indica en el programa E-views.

## Sección Econométrica II: “Análisis espectral”

Siguiendo a Priestley (1981) la técnica del análisis espectral, consiste en descomponer una serie temporal en componentes periódicos de diferentes frecuencias continuas del ciclo con distinta aportación a la varianza total de la serie, además de aislar la contribución de los factores “irregulares” al espectro, dejando a un lado el resto de los elementos (señales subyacentes) que constituyen el “valor esperado del ciclo de largo plazo”.

El autor considera que el comportamiento del periodograma (frecuencia irregular) no es una estimación consistente de la densidad espectral en el caso de procesos estocásticos. Por tanto, se debe calcular los coeficientes de ponderación, expresión que permite estimar el espectro y coespectro de la frecuencia.<sup>30</sup>

$$h(\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \lambda(r) e^{-i\omega r} R(\tau) d\tau$$

Donde  $h(\omega)$  es la función de densidad espectral para procesos continuos ( $\tau$ ), además,  $R(\tau)$  es la función de autocovarianza y finalmente los coeficientes de ponderación  $\lambda(r)$  se determinan a partir de las expresiones denominadas ventanas espectrales, algunas de las más conocidas son ventanas de Barlett, Daniel, Tukey-Hanning, etc.<sup>47</sup>

Adicionalmente, el periodo  $\lambda$  se relaciona con la frecuencia  $\omega$  por medio de la siguiente identidad  $\lambda = 2\pi/\omega$ , misma que muestra la duración cíclica de la función de densidad coespectral; Donde  $\lambda$  es el tiempo que le toma a la onda todo el ciclo oscilar, mientras que la frecuencia  $\omega$  es la velocidad angular medida en radianes por unidad de tiempo.

<sup>29</sup> En ingles *Heteroskedasticity and autocorrelation consistent*, (HAC).

<sup>218</sup> Dos tipos de kernel se usa para la estimación de la matriz  $\hat{\Omega}_{HAC}$ , Barlett y espectral cuadrático, para el ancho de banda el programa E-views provee de tres métodos: fijo Newey-West, variable Newey-West (1994) y Andrews (1991) para mayor detalle véase el manual del E-views.

<sup>30</sup> Para observar el periodograma y la densidad de la depreciación e inflación ver el Anexo “VI”.

<sup>47</sup> Para mayor detalle sobre tipos de ventanas espectrales, puede consultarse el manual de Priestley (1981), a sí como los programas SPSS o JMulti

## Anexo 1 Definición de variables utilizadas

Variable	Fuente	Definición	Símbolo
Tipo de cambio nominal	Banco Central de Bolivia	Bs/1 \$us, cotización oficial de venta	$TCN$
Tasa de depreciación nominal	Banco Central de Bolivia	Diferencia logaritmica	$\Delta \log e_t$
Indice de Precios al Consumidor	Instituto Nacional de Estadística	Indice, 1991=100	$IPC$
Indice de Precios Externos	Asesoría de Política Económica del BCB (previa autorización de las autoridades)	IPC de los socios comerciales de Bolivia, Indice 2003=100	$IPE$
Meta de inflación	Banco Central de Bolivia	Transformado de datos anuales a mensuales	$\bar{\pi}$
Inflación mensual	Elaboración propia	Diferencia logaritmica mensual del IPC	$\pi_t^{IPC}$
Inflación externa	Elaboración propia	Diferencia logaritmica mensual del IPE	$\pi_t^{IPE}$
Brecha mensual del PIB	Elaboración propia	Serie filtrada por el método de Hodrick y Prescott (factor 10) de la brecha del producto trimestral (la cual se define como el PIB desestacionalizado con el X-12 ARIMA en relación al PIB de tendencia a través del método de Hodrick y Prescott con factor 7185)	$y_t - \bar{y}$
Brecha de inflación interna	Elaboración propia	Es la tasa de inflación menos la meta de inflación. Para ello se hace uso de la inflación filtrada (con un Hodrick y Prescott, con factor 7185) mensual.	$\pi_t^{IPC} - \bar{\pi}$
Brecha de inflación externa	Elaboración propia	Diferencia de la inflación interna respecto de la inflación externa	$\pi_t^{IPC} - \pi_t^{IPE}$
Depósito en caja de ahorro	Elaboración propia	Ratio (proporción)	$DcaME/DcaT$
Depósito en a Plazo fijo	Elaboración propia	Ratio (proporción)	$DpfME/DpfT$
Depósito a la vista	Elaboración propia	Ratio (proporción)	$DpvME/DpvT$
Reservas Internacionales Netas	Banco Central de Bolivia	En miles de Bolivianos	$RIN$
Indice de Tipo de Cambio Real	Asesoría de Política Económica del BCB	Indice de los principales socios comerciales del país	$TCR$
Desalineamiento cambiario	Elaboración propia	Logaritmo del TCR observado respecto del TCR tendencial (filtrado con el método de Hodrick y Prescott con factor 7185)	$TCR_t - \bar{TCR}_t$
Paridad cambiaria	Elaboración propia	Es la inflación interna menos la inflación externa	$\pi_t^{IPC} - \pi_t^{IPE}$

## Anexo 2 Pruebas de raíz unitaria

	$TCN$		$\Delta e_t$		$IPC$		$\pi_t^{IPC}$		$\bar{\pi}$	
	NIVELES	1ra. Dif.	NIVELES	1ra. Dif.	NIVELES	1ra. Dif.	NIVELES	1ra. Dif.	NIVELES	1ra. Dif.
Estadístico DFA	1,674	-2,894	-2,697	-15,751	6,441	-6,048	-2,485	-10,639	-1,755	-2,816
Probabilidad (1)	0,977	0,004	0,076	0,0000	1,000	0,000	0,121	0,000	0,075	0,005
Valores críticos										
1%	-2,576	-2,576	-3,463	-3,463	-2,576	-2,577	-3,465	-3,465	-2,577	-2,577
5%	-1,942	-1,942	-2,876	-2,876	-1,942	-1,942	-2,877	-2,877	-1,942	-1,942
10%	-1,616	-1,616	-2,574	-2,574	-1,616	-1,616	-2,575	-2,575	-1,616	-1,616
Constante	No		Si		No		Si		No	
Tendencia	No		No		No		No		No	
Rezagos (Criterio)	1**		1***		0*		0***		10*	
Conclusión	Existe RU	No Existe RU	Existe RU	No Existe RU	No Existe RU	No Existe RU	Existe RU	No Existe RU	Existe RU	No Existe RU



	$\pi_t^{IPC} - \bar{\pi}$		I P E		$\pi_t^{IPE}$		$\pi_t^{IPC} - \pi_t^{IPE}$		R IN	
	NIVELES	1ra. Dif.	NIVELES	1ra. Dif.	NIVELES	1ra. Dif.	NIVELES	1ra. Dif.	NIVELES	1ra. Dif.
Estadístico DFA	-2,273	-10,950	2,166	-13,207	-1,896	-12,580	-13,439	-13,439	6,507	-5,484
Probabilidad (1)	0,023	0,000	0,993	0,000	0,056	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000
Valores críticos										
1%	-2,577	-2,577	-2,576	-2,576	-2,577	-2,577	-2,577	-2,577	-4,004	-4,004
5%	-1,943	-1,943	-1,942	-1,942	-1,943	-1,943	-1,943	-1,943	-3,432	-3,432
10%	-1,616	-1,616	-1,616	-1,616	-1,616	-1,616	-1,616	-1,616	-3,140	-3,140
Constante	No		No		No		Si		Si	
Tendencia	No		No		No		No		Si	
Rezagos (Mod. CIS)	2*		0**		0*		0*		1*	
Conclusión	Existe RU	No Existe RU	Existe RU	No Existe RU	Existe RU	No Existe RU	No Existe RU	No Existe RU	No Existe RU	No Existe RU

	PIB		$y_t - \bar{y}$		TCR		$TCR_t - TCR_t$	
	NIVELES	1ra. Dif.	NIVELES	1ra. Dif.	NIVELES	1ra. Dif.	NIVELES	1ra. Dif.
Estadístico DFA	-2,321	-9,524	-1,879	-9,524	0,801	-14,103	-4,979	-14,913
Probabilidad (1)	0,421	0,000	0,661	0,000	0,885	0,000	0,000	0,000
Valores críticos								
1%	-4,004	-4,004	-4,006	-4,004	-2,576	-2,576	-2,576	-2,576
5%	-3,432	-3,432	-3,433	-3,432	-1,942	-1,942	-1,942	-1,942
10%	-3,140	-3,140	-3,140	-3,140	-1,616	-1,616	-1,616	-1,616
Constante		Si		Si		No		No
Tendencia		Si		Si		No		No
Rezagos (Mod. CIS)		1**		10*		0*		10*
Conclusión	Existe RU	No Existe RU	Existe RU	No Existe RU	Existe RU	No Existe RU	No Existe RU	No Existe RU

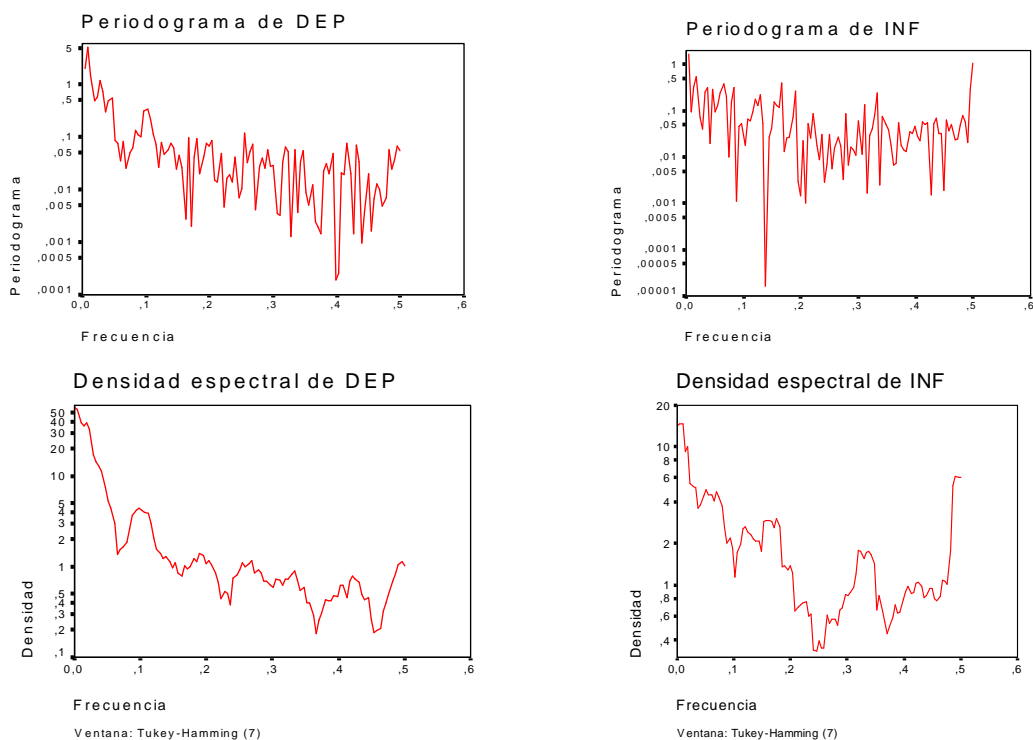
(1) Proviene de Mackinnon (1996)

\* Criterio de Información de Akaike

\*\* Criterio de Información de Schwarz

\*\*\* Criterio de Hannan Quinn

## Anexo 7 Estimaciones adicionales con el Análisis Espectral



## Anexo 5 Condición de estabilidad y elección de rezago del VAR

Variables endógenas: Núcleo, Brecha de inflación interna, Brecha del PIB, Inflación externa, Depreciación			Variables endógenas: Núcleo, Inflación interna, Brecha del PIB, Inflación externa, Depreciación							
Variables exógenas: C.IFEE(-7), Depreciación(-1), Depreciación(-2), @SEAS(1) @SEAS(4)			Variable exógena: C							
Especificación del rezago: de 1 a 5			Muestra: 1992:01 a 2007:12							
Raíz	Módulo		Rezago	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ	
0,959672	0,959672		0	-1.621.896	NA	113,0698	18,91739	19,00889	18,95451	
0,790198	0,790198		1	-1.485.511	263,2540	30,98867*	17,62222*	18,17120*	17,84496*	
-0,558633 - 0,545302i	0,780657		2	-1.461.155	45,58566*	31,22451	17,62971	18,63618	18,03806	
-0,558633 + 0,545302i	0,780657		3	-1.440.566	37,34813	32,92766	17,68100	19,14495	18,27496	
-0,765948	0,765948		4	-1.428.143	21,81281	38,24372	17,82724	19,74868	18,60382	
0,526728 - 0,538915i	0,753573		5	-1.414.526	23,11640	43,89929	17,95961	20,33853	18,92480	
0,526728 + 0,538915i	0,753573		6	-1.395.923	30,50021	47,68004	18,03399	20,87040	19,18480	
0,355008 - 0,623770i	0,717718		7	-1.375.383	32,48198	50,79817	18,08585	21,37974	19,42227	
0,561119 - 0,417882i	0,699628		8	-1.366.769	28,35423	55,56059	18,16011	21,91148	19,68214	
0,561119 + 0,417882i	0,699628		9	-1.341.379	22,54896	63,37730	18,27184	22,48070	19,97949	
-0,502949 - 0,472407i	0,690019		10	-1.324.220	24,14241	71,19496	18,36302	23,02936	20,25627	
-0,502949 + 0,472407i	0,690019		11	-1.303.919	27,38227	77,57452	18,41766	23,54149	20,49553	
-0,073403 - 0,650956i	0,655082		12	-1.280.094	30,75012	81,69355	18,43133	24,01264	20,69581	
-0,073403 + 0,650956i	0,655082		13	-1.266.440	16,83027	97,59396	18,55325	24,60205	21,01335	
0,396304 - 0,506897i	0,643429		14	-1.240.026	31,02032	101,4160	18,54682	25,04310	21,18253	
0,396304 + 0,506897i	0,643429		15	-1.222.682	19,36088	118,3034	18,63584	25,58961	21,45716	
-0,639762	0,639762		* Indica el orden de selección del rezago.							
-0,449525 - 0,287248i	0,533464		LR Test de Modificación secuencial (a un nivel del 5%)							
-0,449525 + 0,287248i	0,533464		FPE Error de predicción final							
-0,001396 - 0,501825i	0,501827		AIC Criterio de información de Akaike							
-0,001396 + 0,501825i	0,501827		SC Criterio de información de Schwarz							
0,191923 - 0,380684i	0,426327		HQ Criterio de información de Hannan-Quinn							
0,191923 + 0,380684i	0,426327									
-0,035862	0,035862									
No existe problemas de raíz dentro del círculo unitario										
El VAR satisface la condición de estabilidad										

## Anexo 8 Estimaciones adicionales y robustez en la función de reacción con el “MGM”

En este anexo, se muestran brevemente reglas de política con múltiples objetivos e inercia inflacionaria a partir de métodos alternativos de estimación. La regla para la tasa *Crawl* con el método Andrews es:

$$\Delta \log e_t = 0,000 - 0,030 \underset{(0,02)}{E_t(\Delta \log \pi_{t+12}^{IPC})} - 0,006 \underset{(0,01)}{E_t(\Delta \log \gamma_{t+12})} - 0,006 \underset{(0,00)}{E_t(\log RIN_{t+12})} + 0,00 \underset{(0,01)}{E_t(\log TCRE_{t+12})} \\ + 0,001 \underset{(0,00)}{E_t(\Delta \log \pi_{t-1}^{IPE})} + 0,001 \underset{0,02}{E_t(\Delta \log \pi_{t+12}^{IPC})} + 0,73 \underset{(0,11)}{\Delta \log e_{t-1}}$$

$$R^2 \text{ Ajustado} = 0,73$$

$$\text{Estadístico } J = 0,17$$

## Ajuste en los residuos y variables de la función de reacción

